





BIBLIOTECA UTILE

(32).

STORIA CHIMICA DI UNA CANDELA.






BIBLIOTECA NAZIONALE FIRENZE



MICHELE FARADAY.

STORIA CHIMICA

DI

UNA CANDELA

PER

MICHELE FARADAY

Traduzione dall' inglese, col consenso dell' Autore

SECONDA EDIZIONE ITALIANA

COL RITRATTO E LA VITA DI FARADAY, E CON 52 INCISIONI



MILANO
E. TREVES, EDITORE
1872.

Stabilimento E. Treves.

MICHELE FARADAY[1]

Michele Faraday è la più eminente individualità scientifica dei giorni nostri. Due ne sono le cause. Anzitutto il suo genio inventivo in fatto di teorie, che egli dimostra e sviluppa con le esperienze, è tale che provoca ben presto l'applicazione. Essendosi quasi immediatamente utilizzati gli apparecchi di fisica da lui immaginati, il suo nome divenne popolare, mentre in pari tempo le grandi sue scoperte formano l'ammirazione degli uomini della scienza e delle Accademie. In secondo luogo, la grandezza e la bontà del suo carattere, l'inalterabile purezza della sua vita scientifica, il sincero amore del bene ch'ei praticò sempre con l'ardore e la vivacità della sua natura,

[1] Faraday fu una delle più cospicue celebrità scientifiche del nostro secolo. Quest'opera di lui che pubblichiamo, è certamente delle sue minori; ma è preziosissima per l'istruzione popolare, ed è la prima, se non c'inganniamo, che sia voltata nella nostra lingua. Perciò ci par nostro debito farla precedere da una biografia del Faraday, servendoci del lavoro fatto da un altro celebre scienziato francese. Lo stesso Faraday, al quale scrivemmo per chiedergli il permesso della traduzione, non che qualche cenno sulla sua vita, ci rispose gentilmente dandoci per la prima cosa il suo consenso, e per la seconda rimandandoci alla scrittura di Sainte-Claire Deville, che qui infatti si riferisce. *(Gli Editori).*

tutte queste doti e tutte queste virtù che si dipingono nei suoi lineamenti animati e simpatici, esercitano sui suoi compatriotti e sui molti stranieri che si recano a visitarlo un' attrazione cui nessuno sa resistere.

Alcuni anni prima della fine del primo impero, il signor Faraday si recò a Ginevra con Humphry Davy suo maestro ed amico, o meglio, suo benevolo protettore. La memoria di codesta visita a Ginevra dura ancora in tutti i dotti che allora ebbero la ventura di ricevere questi due uomini: l'uno, sir Humphry Davy, era ad un tempo gran signore e scienziato autorevole; l' altro, Michele Faraday, giovanissimo, era un semplice *assistente* o preparatore che sapeva stare al suo posto con molto tatto e molta modestia. Il celebre fisico ginevrino Augusto de la Rive mi raccontava poco tempo fa la profonda impressione prodotta negli scienziati di Ginevra dal carattere e dal merito del giovane Faraday. La simpatia e la stima che egli inspirò a tutti i membri di quell' ammirabile Accademia di Ginevra, in cui allora fiorivano de Saussure, de Candolle, de la Rive, Prèvost, Marcet, Pictet, e tanti altri che illustrarono il loro paese e la scienza, lasciarono traccie indelebili nelle menti di tutti codesti scienziati; e la memoria ne è passata allo stato di tradizione in queste famiglie ove il valore scientifico sembra ereditario. Io stesso ebbi frequenti occasioni di assicurarmene, e posso affermare che Faraday ed Ampère, andatovi più tardi, non saranno mai dimenticati a Ginevra.

Dopo la prima esposizione universale di Parigi, nel 1855, se la memoria non mi tradisce, il sig Faraday si recò a Parigi. Egli visitò i nostri stabilimenti scientifici ed alcune officine; trovò il modo di rispondere all' accoglienza rispettosa e premurosa di cui era oggetto, in guisa da eccitare ovunque quei profondi sentimenti ch' ei sa tanto ben con-

ciliare colla sua modestia ad un tempo dolce e dignitosa. Faraday è uno di quegli esseri che non si possono dimenticare. Dal canto mio, conservai riconoscente memoria per la sua visita alla scuola normale.

L'istituto reale di Londra (*Royal Institution*) è uno di quegli stabilimenti privati, tanto numerosi in Inghilterra, ove una riunione di scienziati, di uomini d'affari, di gran signori, associatisi per l'avanzamento delle scienze, consacrano somme considerevoli al lavoro particolare di professori ed all'insegnamento, sia elevato sia elementare, date nelle *letture* o corsi serali. Il distinto uditorio che assiste al venerdì a codeste lezioni del grande anfiteatro dell'Istituto, vi è informato regolarmente di tutti i progressi scientifici importanti dagli uomini più eminenti d'Inghilterra, ed a volte anco da scienziati stranieri, che in queste occasioni ricevono la più nobile ospitalità.

Fu là, all'Istituto reale di Londra, che sir Humphry Davy fece le memorabili sue esperienze sui metalli alcalini: e gli è nello stesso laboratorio che Faraday trascorse tutta la sua vita, consacrata, come tutti sanno, allo studio delle scienze fisiche. E del pari nell'Anfiteatro dell'Istituto reale, Faraday conquistò la sua popolarità come professore. Chiamato a semplificare i fatti e le teorie, senza mai attenuarli, onde presentarli, in modo elementare sì ma con precisione, ad un uditorio eccezionalmente attento e ben disposto, il profondo fisico non fece mai il più lieve sagrificio al desiderio di piacere e di riscuotere applausi. Esatto e rigoroso nello sviluppo delle sue idee, scrupoloso e persin puritano nella forma, insegnò sempre seriamente, non si limitò a *volgarizzare*, come dicesi in giornata.

Non devono perciò sorprendere le testimonianze di rispetto di stima e di affetto di cui è fatto segno ogni qualvolta ei si presenta in Albemarle-street, sia come professore, sia come

semplice uditore, parte codesta alla quale presentemente ei si rassegna. Parlo così, avendo assistito ad alcuna di queste scene toccanti che mai si dimenticano. Quando il sig. Faraday è in cattedra, ciò ch' ei dice è vivamente compreso ed accettato con ammirazione: i gentlemen e le ledi componenti l' uditorio sono quasi sempre preparati, a codeste lezioni, da una sufficente coltura scientifica. Non saprei meglio paragonare una lettura di Faraday dinanzi all' Istituto reale che all'esecuzione d'una sinfonia di Mozart o di Beethoven dinanzi ad un pubblico melomano ed entusiasta. Quando Faraday trovasi alla sua volta fra gli uditori, seduto presso a quel suo amico o discepolo che ha la parola, ei s' interessa a tutto ciò che si dice, a tutto ciò che si fa. Dotato d' eccezionale abilità nell' uso e nel maneggio di apparecchi fisici o chimici, è sempre pronto a porgere un aiuto, a prevenire un accidente, con vivacità giovanile. Il merito del professore, la riuscita delle esperienze, lo preoccupano come se egli fosse identificato con tutto quanto l' Istituto.

Nel corso della giornata Faraday rimane almeno fino alle tre (le mie reminiscenze han già la data di dieci anni) nel laboratorio dell' Istituto: lavora in silenzio, non chiedendo che assai di rado l' aiuto del degno signor Anderson che già da molti anni lo assiste. Quando uno straniero favorito, come fui io pel corso d'una settimana, ha la buona ventura di lavorare in codesto laboratorio, il maestro lo circonda di mille cure ed attenzioni. In queste relazioni continue, soltanto la cordialità ed il desiderio da Faraday costantemente mostrato di rendersi utile, potevano combattere nell' umile confratello che oggi scrive queste linee, il timore di incomodare un grande ingegno che medita, ed uno dei più abili esperimentatori che immagina e costruisce da sè gli apparecchi per le sue dimostrazioni.

Ho veduto in quel laboratorio i più illustri uomini di Stato d'Inghilterra recarsi presso il sig. Faraday, ed accostarlo con quella rispettosa famigliarità che denota la reciproca stima ed abitudini di perfetta eguaglianza. Un giorno assistetti ad un colloquio notevole nel quale Michele Faraday aveva per interlocutore il compianto principe Alberto. Il mio ospite ebbe la cortesia di tenere codesta conversazione in francese: mi riesce impossibile l'esprimere qui l'ammirazione che provai e per l'illustre scienziato e per il suo augusto visitatore. Questi, facendo uso d'un linguaggio pieno di gusto e di moderazione, nel quale tutte le delicatezze della nostra lingua gli servivano a meraviglia, lodava il nostro sistema dell'insegnamento per mezzo dello Stato: il sig. Faraday sosteneva con dolce, ma inflessibile energia, il sistema inglese della libertà assoluta. Io ne conclusi che un principe tanto savio e tanto saviamente consigliato doveva raramente persistere in un errore.

Il sig. Faraday conta ora settantacinque anni. Nacque a Newington presso Londra il 22 settembre 1791. Suo padre era un povero maniscalco; ei dovette provvedere da sè alla propria educazione. Costruendo gl'istrumenti di cui abbisognava per incominciare a perfezionare i suoi studii scientifici, acquistò un'abilità incomparabile che poi gli tornò preziosissima quando ebbe bisogno d'inventare nuovi apparecchi, e una destrezza prodigiosa nel maneggio di questi apparecchi allorchè egli stesso li faceva agire dinanzi al pubblico. Il signor Faraday seguì nel 1812 i corsi che Humphry Davy teneva all'Istituto reale, ne fece un sunto e mandò questo suo lavoro al professore, che lo accolse allora nel suo laboratorio. Ecco con quali toccanti parole si esprime il sig. Faraday, raccontando egli stesso in una lettera indirizzata al dottor Paris, il biografo di Davy, le prime sue relazioni col maestro:

« Caro signore,

« Mi chiedete dei particolari sulle mie prime relazioni con sir Humphry Davy, e sono ben lieto di fornirveli, atteso che hanno fede della bontà di cuore di questo scienziato. Fin da quando ero ancora garzone legatore, amavo assai le esperienze, e l'idea di esercitare un mestiere mi inspirava viva ripugnanza. Or accadde che un membro della *Royal Institution* mi condusse ad udire le ultime lezioni di un corso professato da sir Humphry Davy in Albemarle street. Pigliai delle note che ricopiai poscia con cura in un volume in quarto. Provai allora un desiderio che consideravo come un sentimento egoista e quasi colpevole, — quello di sfuggire ai lavori del mio mestiere onde arruolarmi sotto il vessillo della scienza; poichè mi immaginavo che la scienza dovesse rendere amabili e generosi quanti la coltivano. Perciò presi l'ardita risoluzione di scrivere a Humphry Davy, per fargli conoscere il mio voto ed esprimere la speranza ch'ei vorrebbe cortesemente aiutarmi ad effettuarlo ove se ne presentasse l'occasione. Gli indirizzai nel tempo stesso le note del suo corso da me scritte. La sua risposta (vi comunico il suo autografo pregandovi averne ogni cura, poichè voi dovete immaginare s'io ci tenga), la sua risposta non si fece aspettare. La mia domanda, lo vedrete, gli giunse sul cadere del 1812, ed al principio del 1813 ei mi invitò ad andarlo a trovare, e mi parlò d'un posto d'assistente preparatore, vacante nella *Royal Institution*. Pur contribuendo a soddisfare alle mie aspirazioni scientifiche, mi consigliò di non rinunciare alla prospettiva che mi stava dinanzi; mi disse che la scienza è una severa amica, e che pecuniariamente parlando essa ricompensa male chi si dedica a servirla. L'idea che mi ero formata della superiorità morale degli

scienziati, lo fece sorridere, ed aggiunse che lascierebbe all'esperienza di alcuni anni la cura di illuminarmi su questo argomento. Per ultimo, grazie ai suoi buoni uffici, entrai nella *Royal Institution* nel marzo 1813 come aiutante preparatore, e nell'ottobre successivo lo accompagnai all'estero come preparatore e segretario. Ritornai in Inghilterra nell'aprile 1815, ripresi il mio impiego alla *Royal Institution*, ove da allora, come sapete, son rimasto ».

Ecco in quali termini sir Humphry Davy aveva risposto alla lettera del giovine legatore.

« Londra, 24 dicembre 1812.

« Signore, sono ben lungi dal dolermi della prova di confidenza accordatami, poichè in pari tempo essa dà prova non soltanto d'uno zelo non comune, ma anco d'una gran forza di memoria e di attenzione. Io sono costretto ad abbandonare Londra e non vi sarò installato di nuovo che verso la fine di gennaio; vi vedrò allora nel momento che meglio vi aggrada. Sarò felice di esservi utile ed auguro che ciò sia possibile.

« Vostro umilissimo ed obbedientissimo servitore

« H. Davy. »

Il sig. Faraday è rimasto per tutta la vita all'Istituto reale, rifiutando le cariche più vantaggiose, e persino il titolo di baronetto, tanto ambito in Inghilterra. Egli soleva dire che questo titolo non dovendogli nulla apprendere non poteva a nulla giovargli.

Il sig. Faraday, membro della Società reale fin dal 1824, è il più antico fra gli otto soci stranieri dell'Accademia delle scienze dell'Istituto di Francia: fu eletto nel 1844 e succedette a Dalton. Dopo l'esposizione del 1855 il governo francese gli mandò la croce di comendatore della Le-

gion d'onore: questa, ed il grado di dottore in legge conferitogli nel 1832 dall' Università di Oxford, sono le sole distinzioni accettate dal sig. Faraday, secondo un autore inglese [1].

Le prime pagine di questo scritto hanno fatto conoscere il carattere morale e scientifico di Michele Faraday, raccontando brevemente la sua vita semplice e completamente dedita alla scienza; or le pagine seguenti consacreremo ad un' analisi sommaria de' principali suoi lavori.

Le pubblicazioni di Faraday abbracciano uno spazio di quarantun anni, nel corso dei quali fece stampare tre volumi in 8.° [2] e cent'otto memorie ripartite nel *Quarterly journal of science*, nel *Philosophical magazine* e nei *Proceedings of the royal Institution.*

I lavori che occuparono la sua gioventù sono relativi a ricerche di chimica: vi primeggia uno scritto originalissimo, citato assai di frequente, sulla costituzione dell'acciaio. — Quando si fecero in Inghilterra serii tentativi per impiegare il gaz idrogeno carbonato nell'illuminazione pubblica, si incominciò col decomporre mediante il fuoco gli olii di pesce, e si ottenne un gaz di qualità rimarchevole, la cui composizione occupò Faraday per lungo tempo. La sua analisi produsse la scoperta di un gran numero di principii liquidi e gazosi, eminentemente combustibili, dei quali egli studiò la proprietà con cura minuziosa e ne stabilì la costituzione con esattezza grandissima. — Ai lavori ch' egli intraprese in altra direzione devesi la conferma della più im-

[1] Il sig. Faraday fu eletto nel 1842 membro dell' Accademia delle scienze di Berlino.

[2] *Chemical manipulation*, etc., 1 vol, in-8. London, 1827, nuova edizione, 1842; *Chemical Tracts,* 1 vol. in-8; *Lectures on light and ventilation,* ibid., 1843; *On the ventilation of light house lamps,* ibid., 1843.

portante fra le analogie già da lungo tempo verificate fra i gaz ed i vapori. La sola differenza essenziale che esista fra queste specie di fluidi elastici, si è che gli uni son atti ad essere dal freddo e dalla compressione ridotti allo stato liquido, gli altri sono incondensabili ovvero permanenti. Faraday ridusse in notevole proporzione il numero di questi ultimi. Molti gaz che avevano resistito a tutti i tentativi dei chimici, si liquefecero nelle mani del professore. Egli ottenne questi risultati impiegando apparecchi semplicissimi, sebbene nuovi nei loro principii. Questi apparecchi divennero classici, ed ora funzionano con tutta esattezza e piena sicurezza in tutti i corsi di chimica elementare.

Intorno al 1830, Faraday si occupò della fabbricazione dei vetri d'ottica, che si ha grande difficoltà ad ottenere senza difetti di struttura interna e con proprietà bastantemente diverse. In quel tempo egli preparò i suoi vetri pesanti, mercè i quali, molti anni dopo, realizzò una delle più belle esperienze della fisica moderna.

La sua opera principale, che occupò la sua età matura, l'opera cui sagrificò tutte le sue forze ed una salute che avrebbe potuto essere inalterabile, si riferisce all'elettricità ed al magnetismo. Là appare, in tutta la sua potenza, l'invincibile energia d'un uomo risoluto a portare la luce nella spiegazione dei più oscuri fenomeni, a provare in modo inconfutabile l'identità delle cause che generano l'elettricità ed il magnetismo, e di collegare fra loro tutte le forze della natura mediante esperienze che permettano di rannodarle ad uno stesso principio. Tutti i risultati di questo mirabile lavoro, irto di enormi difficoltà, sono divenuti proprietà della scienza.

Faraday non volle mai lasciare una questione in sospeso: bisogna sempre ch'ei vi risponda con un fatto o con un complesso di fatti che la risolvano in un senso positivo o

negativo. Le sue idee preconcette sui fenomeni naturali lo hanno sempre guidato, ma senza influenzare il suo spirito. Ardito ne' suoi tentativi, poichè, come egli stesso mi diceva, l'assurdo non è sempre impossibile, egli stupisce colle sue invenzioni; ma sempre prudente nelle conclusioni, dimostra però tutto ciò che asserisce.

Sebbene gli scienziati non abbiano costantemente ammessi i suoi principii, pure le conseguenze ricavate da Faraday sono sempre dedotte con logica inappuntabile. Quante volte le evidenti esperienze, ch' egli accumula per sostenere le sue idee, gli han dato ragione!

L' opera di Faraday è popolare. Tuttavia non compose sempre le sue memorie in modo da diminuire pel lettore la difficoltà dell' argomento e l' aridità di certe prove esperimentali. Tutto però vi è originale e meditato.

È questo il carattere delle trenta Memorie pubblicate nelle Transazioni filosofiche e riunite in tre volumi intitolati: *Ricerche esperimentali sull' elettricità.* — Se un filo metallico, come quello di un telegrafo elettrico, è traversato da una corrente, un' altro filo metallico disposto in fianco al primo, ma separato da un corpo isolante, prova l' influenza singolare di questa vicinanza. Nell' istante in cui si introduce la corrente del filo principale, si sviluppa una corrente in senso opposto nel filo vicino. Ma questa corrente, che dicesi *indotta*, cessa immediatamente, sebbene il filo principale continui ad essere percorso dall'elettricità. — La corrente indotta è dunque istantanea. — Essa riproducesi, ma in senso inverso, quando si interrompe la comunicazione del filo principale con la pila che fornisce la elettricità della corrente primitiva *induttrice*. Così nello istante in cui si introduce o si interrompe il flusso d'elettricità nel filo principale, la corrente indotta appare per un istante nel filo metallico vicino. La scoperta dell'induzione data dal novembre 1831.

Ampère aveva già fatto vedere l'identità delle cause che generano l'elettricità ed il magnetismo. Faraday fornì gran parte dei migliori argomenti in appoggio di questa causa, che per verità era già vinta. Appoggiandosi sulle correnti indotte, sviluppate mediante una calamita che si muove al disopra d'un conduttore metallico, ei dà la teoria d'una magnifica esperienza di Arago, che nessuno comprendeva in quel tempo. La spiegazione era una necessaria conseguenza dei gran fatti che eransi allora allora scoperti.

Questa corrente indotta ed istantanea fu identificata nei suoi effetti, ed anche nel suo modo di prodursi, coll'elettricità d'una macchina elettrica, al punto che oggidì, mediante le macchine d'induzione costrutte molto abilmente dal sig. Ruhmkorff, si può, con una pila di pochi elementi, produrre scintille di 30 e di 50 centimetri di lunghezza. Possonsi per tal modo ottenere scintille fulminanti che hanno l'energia delle più potenti batterie elettriche d'una volta.

Prima di Faraday non si aveva una nozione sufficiente del carattere d'intensità di cui è dotata l'elettricità prodotta dalle combinazioni chimiche nella pila. Una pila composta di pochi elementi decompone in pochi minuti parecchi grammi d'acqua. L'elettricità d'una folgore non ne decomporrebbe forse una goccia, e tuttavia la scintilla della pila non ha una lunghezza sensibile.

Mi riesce ben difficile il farvi comprendere una delle più belle esperienze di Faraday, quella con cui egli vuol dimostrare l'influenza dell'elettricità o del magnetismo sulla luce. Mi limiterò a dirvi, che circondando da ogni parte, con uno dei più potenti apparecchi elettromagnetici, uno di quei vetri pesanti che Faraday preparava nel 1830, egli ottenne nel 1846 un fenomeno ottico dei più notevoli, come se egli avesse emessa la luce magnetica (*Magnetization of Light.*)

Questa è certamente una di quelle previsioni che sembrano proprio congetturali, ma che possono non essere impossibili; più d'una volta ciò che sembrava assurdo s'è veduto effettuarsi.

Non vi parlo delle grandi leggi sugli equivalenti elettrici, poste e dimostrate da Faraday; lo spiegarle chiaramente richiederebbe troppo tempo. Ma tutti, io spero, si interessano alla grande scoperta del diamagnetismo che spetta completamente a Faraday.

Tutti sanno che il ferro è attratto dalla calamita. — Altri tre metalli, il cobalto, il nichelio e forse il cromo, dividono con esso questa singolare proprietà. — Faraday fa vedere in primo luogo che moltissimi altri corpi, quando vengan posti in faccia a calamite di potenza considerevole, sono magnetici come il ferro, talvolta però, convien dirlo, perchè contengono traccie imponderabili di ferro. Ma in tutti i casi, l'attrazione che sovr'essi esercita la potente calamita è tanto debole, che per accorgersene richieggonsi strumenti molto precisi.

Sottomettendo a quest'azione ed a queste misure tutti i corpi della natura, si scorge che questi possono essere divisi in due gruppi caratterizzati gli uni dalla proprietà d'essere attratti, come il ferro, gli altri dalla proprietà di essere respinti, come il bismuto, dai poli della calamita. — Così certi corpi, fra i quali il bismuto è uno dei più attivi, vengono respinti dai poli della calamita; essi sono cioè diamagnetici, come il ferro, che possiede la facoltà contraria, è magnetico. Però nessun corpo conosciuto è diamagnetico o magnetico con energia paragonabile a quella del ferro.

Tutti i corpi della natura partecipano in un senso o nell'altro a queste proprietà; gli stessi gas, l'aria, le fiamme, sono diamagnetici.

I limiti di questa notizia non mi permettono di inoltrarmi maggiormente e di analizzare ogni parte delle opere di Faraday. Esse costarono al loro autore non meno di quarantun anni di una vita interamente consacrata al lavoro. Esse formano la materia di 110 volumi o memorie pubblicate nel *Quarterly journal of science*, nei *Proceedings of the royal Institution* e nel *Philosophical Magazine.*

Faraday fu sempre giusto e generoso nel render giustizia ai suoi predecessori, discusse con la massima cortesia le obbiezioni de' suoi contraddittori, fu il primo e solo a tracciare le vie nelle quali poi si aggirò: pertanto i suoi scritti, stimati quanto il suo carattere, non suscitarono mai recriminazioni, e formano tutti insieme un capolavoro d'originalità, e d'originalità inglese.

Le fatiche d'una vita sì operosa, sì feconda, si fanno oggi sentire nella salute di Faraday: violenti emicranie, congiunte alla perdita della memoria, lo opprimono, tanto più che colla sua viva intelligenza, sempre pronta come in gioventù, ei si crucia d'esser sottratto al lavoro ed al professorato nell' Istituto reale. Ecco i termini commoventi coi quali chiedeva d'esser collocato a riposo alla fine della sua ultima lettura « sul platino, » il 22 febbraio 1861:

« Il graduale indebolimento della mia memoria e delle altre mie facoltà mi si manifesta dolorosamente, e ci volle la rimembranza della vostra benevolenza per farmi adempiere l'incarico fino ad ora. Se mi accadde di professare troppo a lungo, ovvero di mancare a quanto da me aspettate, non dimenticate che foste voi a trattenermi al mio posto. — Desiderai ritirarmi dall' arena, come deve farlo ogni uomo le cui facoltà diminuiscono; ma confesso che l'affezione

ch'io nutro per questa sala e per coloro che la frequentano, è tale che sento un vero dolore a riconoscere che l'ora della ritirata è suonata ».

Facciam voti che questa vita tanto grande e tanto pura si prolunghi ancora [1], e che Michele Faraday rimanga ancor molto tempo in mezzo a noi, per servire d'esempio a quanti amano ed onorano la scienza.

ENRICO SAINTE-CLAIRE DEVILLE.

---

[1] Sventuratamente, Faraday morì poco dopo, cioè il 25 agosto 1867 a Hampton-Court.

STORIA CHIMICA DI UNA CANDELA

LETTURA PRIMA.

Una candela. — La fiamma; sua ragione d'essere, sua forma, sua mobilità, suo splendore.

È mia intenzione di raccontarvi in queste letturo la storia chimica di una candela. Altra volta trattai questo argomento; ma l'interesse che vi si congiunge è tanto grande, i suoi rapporti coi vari rami delle scienze naturali son tanto variati, che volontieri lo ripiglierei ogni anno se me ne fosse libera la scelta. Tutte le leggi che reggono il nostro universo si manifestano nei fenomeni che una semplice candela ci porgerà occasione di passare in rivista.

Prima ch'io incominci, permettetemi di aggiungere che sebbene l'argomento sia vasto assai, e sia mio desiderio trattarlo a fondo, seriamente e filosoficamente, pure le mie parole non si rivolgeranno ai più vecchi; chiedo il privilegio di dirigermi ai miei uditori più giovani, come se io non fossi più vecchio di loro. Spesso ho tentato di mettermi alla loro portata, e se me lo permettete, ricomincierò la prova. So già che le mie parole saranno raccolte e poi pubblicate, ciò non mi impedirà di usare un

linguaggio famigliare onde adattarmi alla intelligenza degli scolari e delle scolare, di cui per ora mi immagino di essere il camerata.

Ciò premesso, figliuoli miei, incomincierò prima di tutto dallo spiegarvi di che si compone una candela. Qui ho alcuni pezzi di legno, e rami di alcuni alberi singolari per la facilità con cui bruciano. Ed ecco inoltre una singolare sostanza che si cava dalle torbiere d'Irlanda. La si dice

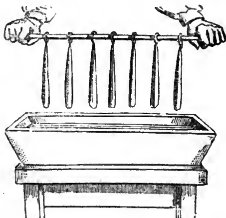


Fig. 1.

legno-candela. È in fatto un legno duro, solido, eccellente, capace di molta resistenza e che tuttavia forma un combustibile tanto buono che da per tutto ove si ha la fortuna di averlo, è adoperato per fabbricarne torcie, poichè rischiara e brucia precisamente come una candela.

Ma occupiamoci delle candele che ci offre il commercio. Ecco *candele ad immersione:* si fabbricano (fig. 1) immergendo nel sego liquefatto un lucignolo di cotone sospeso mediante un anello, formato dal lucignolo stesso addoppiato ed infilato in una bacchetta; si ritira il lucignolo

inzuppato di sego, lo si lascia freddare, poscia si ricomincia la operazione fino a tanto che intorno al lucignolo si è accumulata la quantità di sego sufficiente. I campioni che tengo fra mani vi daranno un'idea della varietà dei prodotti che si ottengono con questo metodo di fabbricazione. Vedete: sono di non comune picciolezza. Sono, o meglio, erano queste le candele che altre volte si adoperavano nelle miniere di carbon fossile. Un tempo gli operai che lavoravano in codeste miniere dovevano provvedere alla necessaria illuminazione. Ritenevasi che, quanto più piccola era la candela, tanto minor rischio si correva di produrre quelle pericolose esplosioni che succedono nell'accensione di gas tonanti sviluppatisi nella miniera. Per prudenza, ed anche per economia, i minatori adoperavano dunque candele quanto più piccole era possibile, venti, trenta, quaranta, sessanta alla libbra. Esse furono sostituite dalla lampada di sicurezza di sir Humphry Davy e da altre invenzioni dello stesso genere. Eccovi qui un altro campione non meno interessante: una candela proveniente dalla nave il *Royal George* [1] e ripescata, così mi fu detto, dal colonnello Pasley. Rimase per molti e molti anni in fondo al mare, soggetta all'azione dell'acqua salsa. Ciò vale a provarci quanto possa conservarsi una candela; poichè questa, sebbene fessa in più d'un luogo ed un pochino spezzata, brucia tuttavia regolarmente, ed il sego riprende dopo fuso il suo stato normale.

Un fabbricatore mi ha fornito alcuni bei modelli di can-

[1] Il *Royal George*, nave da guerra inglese, naufragò nel porto di Spithead il 29 agosto 1782. Il colonnello Pasley incominciò le sue operazioni per sollevare il bastimento per mezzo d'una batteria sottomarina nell'agosto 1839. Le candele mostrate dal professore Faraday al suo uditorio rimasero adunque esposte all'azione dell'acqua salsa, pel corso di cinquantasette anni.

dele e campioni di parecchie materie adoperate nella sua manifattura. Esaminiamo ogni cosa. In primo luogo, ecco grasso di bue, sego russo, io credo, di quello usato nella fabbricazione delle candele *ad immersione* o alla *bacchetta* di cui vi parlavo poc'anzi. Il chimico Chevreul ci insegnò a trasformare questa materia in una bella sostanza detta stearina. Una candela di stearina, lo sapete, non è un sucido oggetto tutto untuoso, ma è una candela assai pulita, le cui goccie possonsi quasi levare grattandole o polverizzandole senza guastare la stoffa sulla quale fossero accidentalmente cadute. Ecco il processo adottato da questo scienziato [1]: Si fa bollire anzi tutto il grasso di bue con la calce viva in guisa da convertirlo in sapone, poscia si decompone codesto sapone mediante l'acido solforico, che porta via la calce e lascia il grasso trasformato in acido stearico, producendo in pari tempo una certa quantità di glicerina. La glicerina è uno zucchero, ovvero una sostanza analoga allo zucchero, la quale si separa dal sego durante quest' operazione chimica. Si comprime allora la

[1] Il grasso o sego contiene una mescolanza di materie oleose e di glicerina. La calce si combina con l'acido stearico, margarico od oleico; dopo aver lavato il sapone di calce insolubile che si forma, lo si decompone mediante acido solforico diluito e riscaldato. Gli acidi grassi così sciolti si alzano alla superfice sotto forma d'olio, e allora si decantano. Vengon poscia lavati di bel nuovo, si dispongono in granelli poco spessi, e lasciatili raffreddare si collocano fra stuoie e si sottomettono a fortissima pressione idraulica. Si estrae così l'acido oleico che è una sostanza fluida, e si ottiene un residuo solido d'acido stearico. Si purifica questo residuo mediante una nuova pressione a temperatura più elevata, e mediante una seconda lavatura d'acido solforico. Queste operazioni danno un prodotto più duro, più bianco, più decente e più combustibile del grasso da cui lo si ricava.

stearina, per estrarne l'olio: questa serie di pani più o meno compressi, vi mostra in qual maniera le impurità scompaiono unitamente alla parte oleosa mano mano che la pressione aumenta, fino a che si ottiene la sostanza molto omogenea che poi si fonde onde fabbricarne candele simili a queste. Nel campione che tengo in mano c'entra della stearina estratta dal sego col processo ora indicato. Ed ecco qui una candela di spermaceti, vale a dire provenienti dall'olio purificato che si ritrae dai cetacei [1]. Fra gli invii gentilmente indirizzatimi dai miei amici, scorgo anche della cera d'api gialla e della cera raffinata, quale si adopera per fabbricar le bugie. A fianco trovo un' altra sostanza singolare, chiamata paraffina, e parecchie candele composte di questa paraffina estratta da una torbiera d'Irlanda. Posso mostrarvi inoltre un prodotto giuntoci dal Giappone dopo che abbiam sfondate le porte di quel remoto paese, una specie di cera che fornirà una nuova materia prima agli industrianti incaricati di illuminarci.

E come si fabbricano le candele? Vi ho parlato delle candele dette ad *immersione,* vi spiegherò ora come si fabbrichino le candele alla forma. Immaginatevi una candela fabbricata con materiali che si possano gettare in forma, modellare. Gettare? modellare? mi chiederete voi. Ma dal momento che una candela è un oggetto che si fonde tanto facilmente, si deve poterla modellare senza difficoltà! Eppure non è vero. Fa stupore il gran numero d' ostacoli imprevisti e non peranco vinti, ad onta dei progressi fatti nell'arte del manifatturiere, ed a dispetto delle

[1] Lo spermaceti è una materia grassa, solida, bianca, dolce al tatto e fragile. La si ritira dal tessuto cellulare interposto fra le membrane del cervello di parecchie specie di cetacei.

cure impiegate nella ricerca dei migliori mezzi per giungere agli ambiti risultati. Non sempre è possibile gettare una candela, un cero mai; lo si fabbrica mediante un processo che potrò spiegarvi in pochi minuti. Sebbene la cera bruci tanto bene ed entri in fusione tanto facilmente alla sommità d'una candela, pur essa non è atta a subire l'operazione della forma. Ma prendiamo una sostanza di natura più acconcia. Ecco una tavola forata (figura 2): da ogni foro pende una forma. Prima di tutto con-

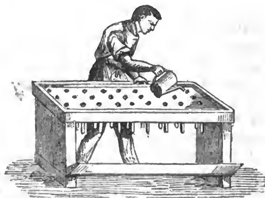


Fig 2.

viene infilarvi un lucignolo. Eccone uno fatto a treccia che non avrà bisogno d'essere smoccolato [1], e che sostenuto da un legger filo di ferro, scende sino in fondo alla forma, ove lo si ferma turando l'apertura inferiore in guisa che il liquido non possa escirne. Alla sommità della forma (fig. 3) è fissata una piccola spranghetta che serve a tener teso il lucignolo nella forma suddetta che

[1] Talvolta il lucignolo è impregnato d'un po' di borace o di sale di fosforo onde rendere fusibile la cenere.

si riempie di grasso liquefatto. Dopo un certo tempo, quando le forme si sono raffreddate, si lascia sgocciolare da un'estremità il sego esuberante e quindi si taglia la cima del lucignolo. Basta poi capovolgere le forme per sformare le candele; queste si fabbricano appunto in forma conica, ovvero più strette in alto che in basso, affinchè, grazie a questa forma ed alla diminuzione di volume prodotta dal freddo, non vi sia bisogno di scuotere con forza la forma per farne uscire le candele. Allo stesso modo si fabbricano le candele di stearina e di paraffina. Il processo in uso per la fabbricazione delle candele di cera vi parrà bizzarro certamente. Ad un cerchio di legno, (fig. 4) sostenuto da corde, ovvero mantenuto in posizione orizzontale da un sostegno di legno, si appende un certo numero di lucignoli incamiciati agli estremi con piccoli tubi di latta, che impediscono alla cera di coprire le estremità del cotone. Il cerchio così guernito vien portato in vicinanza al luogo in cui si riscalda la cera. Come vedete, l'apparecchio può muoversi tanto facilmente quanto una ruota di carrozza sul suo perno; ora, a misura che la ruota gira, un operaio armato d'un gran cucchiaio pieno di cera fusa, versa questa materia lungo ciascun lucignolo. Se dopo il primo giro la cera versata ebbe tempo di raffreddarsi, l'operaio vi sovrappone un secondo strato, e così continua fino a tanto che le candele hanno raggiunta la richiesta grossezza. Codeste

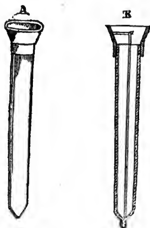


Fig. 3.

si dicono *candele ad effusione*. Quando han ricevuta la necessaria quantità di strati, vale a dire quando hanno la dimensione voluta, si levano e si dispongono altrove. Dopo ciò, si rotolano sopra una pietra ben liscia, se ne riduce la testa a forma conica con uno strumento detto



Fig. 4.

piana e si regolano al piede, ovvero si *aculano*. Tutto questo si fa con tanta precisione, che i buoni operai vi daranno candele da quattro, da sei o da qualsiasi altro numero che vi garbi, per libbra.

Ma volendo approfondire l'argomento, non possiamo consacrare maggior tempo alla semplice fabbricazione delle candele. Non vi ho ancora parlato delle candele di lusso, poichè si trova il modo di applicare il lusso anche a questo

genere d'illuminazione. Ammirate i brillanti colori che si danno a queste candele; vedete candele gialle, azzurre, rosee, candele malva, candele Magenta: per abbellirle, si adoperano tutti i colori chimici d'invenzione antica e moderna. Noterete inoltre che si sono adottate forme diverse. Ecco una colonna di cera scanalata, bella a vedersi, ecco candele decorate come porcellane, e tanto bene che vedendole ardere sembrano un piccolo sole splendente sopra un mazzo di fiori. Ma non sempre ciò che è bello è altrettanto buono. Queste candele scanalate, così belle come le vedete, non illuminano tanto bene quanto le altre, appunto perchè la lor forma graziosa impedisce ad esse di bruciar meglio. Deplorerete con me che non si abbia potuto abbellirle senonchè rendendole meno utili.

Ed ora veniamo alla questione dell' illuminazione. Accenderemo una o due candele e le metteremo in posizione da servire all'uso cui son destinate. Sapete che una candela ed una lampada sono due apparecchi ben diversi. Trattandosi d' una lampada, voi prendete un po' d' olio, ne empite il vostro serbatoio, aggiustate il cotone preparato a quest'uso e poi accendete l' alto del vostro lucignolo. La fiamma che scende lungo il cotone si spegne incontrando l'olio, continua però ad ardere nella parte superiore. Certamente voi mi chiederete come mai l'olio, che da solo non arderebbe, possa giungere in cima al cotone e consumarvisi? Esamineremo fra breve quest'argomento: ma non vi pare ancor più meraviglioso il veder ardere una candela? Qui, abbiamo una sostanza solida, senza un vaso che la contenga; come può questa sostanza solida giungere al punto in cui trovasi la fiamma? Come questo corpo, che non è fluido, vi giunge? e come, reso fluido, conserva la sua aderenza? Questo, in verità, è il lato meraviglioso d' una candela.

In questa sala vi sono correnti d'aria che ci serviranno

in alcune delle nostre dimostrazioni, ma che in altre ci daranno noia. Ad evitare quest' inconveniente, prenderò le mie disposizioni onde assicurarmi una fiamma tranquilla e regolare, poichè un argomento non si può studiare quando si presentano ostacoli ad esso estranei. Ecco una ingegnosa invenzione di qualche mercante da fiera: la si adopera nei nostri mercati del sabbato sera [1], onde riparare le candele destinate ad illuminare i legumi, le frutta od il pesce. Io la ho ammirata molte volte. Si colloca la candela in un vetro da lampada, sostenuto da una specie di canale, che permette di alzare od abbassare a piacere la galleria. Impiegheremo questo mezzo onde ottenere una fiamma che non vacilli troppo e che si lasci esaminare con tutto comodo.

Vedete anzi tutto che al piede del lucignolo si forma un bell' incavo o ciotola (fig. 5). A misura che l' aria giunge in vicinanza alla candela, essa aria si alza grazie alla forza della corrente, e così rende l' orlo della ciotola più freddo del cerchio interno. Quest'ultimo si fonde sotto l' influenza della fiamma che scende lungo il lucignolo in basso quanto è possibile prima di spegnersi; ma la parte esterna non si fonde. Se provoco una corrente d' aria a diritta od a sinistra, la mia ciotola si slabbrerà e la materia fusa colerà lungo la candela; poichè la forza di gravità a cui tutto l'universo è soggetto, mantiene questo fluido in posizione orizzontale, e se la stessa ciotola cessa d'essere orizzontale, il fluido sgorgherà naturalmente da una

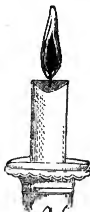


Fig. 5

[1] In Inghilterra le botteghe rimangon chiuse la domenica, perciò al sabbato sera i mercati sono frequentatissimi.

specie di grondaia. La ciotola adunque è prodotta da questa corrente regolare d'aria che, agendo su tutti i punti, protegge le pareti esterne contro il calore. Nessun combustibile può servire a fabbricar candele, se non possiede la proprietà che gli permetta di formare codesta ciotola: fa eccezione certo legno che trovasi nelle torbiere d'Irlanda, la cui sostanza rassomiglia a quella d'una spugna e che in sè stessa contiene di che alimentare la fiamma. Comprenderete ora perchè si giunge a sì meschini risultati accendendo le belle candele che vi ho mostrate; queste, essendo scanalate in luogo di presentare un cilindro regolare, non possono per conseguenza dare alla ciotola quell'orlo delicatamente arrotondato che abbiamo ammirato poc'anzi; spero avrete compreso che la bellezza d'un prodotto sta nella sua perfezione, vale a dire nella sua utilità. L'oggetto più perfetto non è quello che meglio colpisce lo sguardo, bensì quello che adempie meglio all' officio per cui è stato creato. Questa bella candela brucierà male perchè darà origine ad una corrente irregolare. Voi riconoscerete gli effetti, — e vi prego di osservarli, — dell' azione della corrente d' aria ascendente, vedendo traboccare un piccolo ruscello lungo una candela e renderla più grossa da quella parte. A misura che la candela arderà, l'escrescenza rimarrà al suo posto e formerà una piccola colonna parallela al lucignolo. Siccome essa ergesi superiormente al resto del combustibile, così l'aria la circonda più facilmente; codesta colonna si raffredda meglio e diviene maggiormente atta a resistere ai raggi d' una sorgente di calore assai vicina. Ora i più gravi errori, sieno commessi nella fabbricazione delle candele od altrove, ci insegnano soventi volte delle cose che non avremmo mai sapute se l'errore non fosse mai stato commesso. Studiando noi diventiamo tutti filosofi; dovete dunque avvezzarvi, ogni volta che un risultato vi sorprende,

specialmente quando questo risultato vi par nuovo, dovete avvezzarvi, dico, a chiedere a voi stessi o ad altri: « Quale è la causa di ciò? Perchè le cose succedono a questo modo?» E presto o tardi finirete sempre col trovar la risposta.

C'è ancora da spiegare un altro punto relativo a queste candele. Come il fluido esce dalla ciotola e sale sino al luogo in cui succede la combustione? Sapete che la fiamma che corona il lucignolo d'una candela di cera, d'una candela di stearina, di spermaceti o di sego, non scende fino alle sostanze che la alimentano; essa rimane al suo posto e non fa fondere tutto. La fiamma rimane separata dalla sostanza fusa e agisce soltanto sugli orli della ciotola. Mi sarebbe impossibile immaginare un concatenamento di fatti più bello di questa disposizione, grazie alla quale le varie parti d'una candela accesa rimangono subordinate le une alle altre e si prestano mutuo appoggio. Una materia delle più combustibili che si consuma a poco a poco senza mai lasciarsi invadere dalla fiamma! Ciò vi parrà straordinario assai, specialmente considerando la potenza della fiamma ed il pochissimo tempo che, in altre condizioni, le basterebbe per distruggere la cera che la nutre. Sappiamo con quanta facilità essa obbligherebbe repentinamente il combustibile a cangiar forma se essa lo accostasse troppo da vicino.

Ma in qual maniera la fiamma si impossessa del combustibile? Qui tocchiamo una delle più interessanti questioni di fisica — *l'attrazione capillare* [1]. « L'attrazione

[1] L'attrazione o la repulsione capillare è la forza che determina un fluido a salire od a scendere in un tubo capillare. Immergendo nell'acqua un tubo termometrico aperto alle due estremità, il liquido vi salirà tosto ad altezza ben maggiore del livello esterno dell'acqua. All'incontro, immergendo questo tubo nel mercurio, si produce l'effetto opposto, e si vede il mercurio contenutovi abbassarsi al disotto del livello esterno.

:apillare! » ripeterete voi, « l'attrazione dei capelli? » ?oco importa il nome, lasciamolo da parte; questo nome lata da un'epoca ormai remota, in cui non conoscevasi nolto bene la natura di questa forza. Vi basti che, grazie ıll'attrazione capillare, la materia che alimenta la fiamma ı attratta nel sito in cui la combustione succede e vi si leposita, non già a caso, ma proprio nel centro dell'azione. /o' citarvi un paio di esempi di capillarità, vale a dire li questo genere d'azione o d'attrazione col cui mezzo lue sostanze che non sieno suscettibili di sciogliersi l'una



Fig. 6.

nell'altra, si tengono unite. Quando vi lavate le mani, voi le bagnate completamente, prendete un po' di sapone per rendere più perfetta l'adesione e trovate che la pelle resta umida. Ecco uno dei risultati dovuti a codest'attrazione di cui vi parlavo. E quel che è più, se le nostre mani sono ben pulite, — cosa rara, poichè esse non fanno altro che sporcarsi continuamente, — l'acqua salirà un poco lungo il dito che vi abbiamo immerso. Ho qui una sostanza assai porosa, una colonna di sale — verserò nel piatto (fig. 6), alla base di codesta colonna, non già acqua come forse immaginate, ma una sostanza satura di sale ed incapace d'assorbirne altro; e perciò l'azione che ora vedrete manifestarsi non sarà la consegnenza d'una disso-

luzione qualsiasi. Immagineremo, se così vi piace, che il piatto rappresenti una candela, il sale un lucignolo, e codesto liquido il sego fuso. Ho colorato appositamente il liquido onde permettervi di veder meglio in qual maniera esso agisce. Ora che io sto versando la soluzione, voi vi accorgerete che a poco a poco essa ascende nel sale. Se quest'acqua azzurra fosse combustibile e se collocassimo un lucignolo in cima al sale, essa arderebbe penetrando nel cotone del lucignolo. Codesto modo d'azione e le circostanze che vi si collegano sono curiosissimi. Dopo lavate le mani voi prendete un asciugatoio per asciugare l'acqua; ebbene, è in modo analogo all' umidità ed in conseguenza dello stesso genere d' attrazione, che il sego bagna il lucignolo d' una candela. Succede talvolta che un bambino od una bambina (a dir vero, vidi qualche volta persone più grandi e di solito molto attente, commettere simile distrazione) getta l' asciugatoio sull' orlo del bacino ed in poco tempo l' asciugatoio ha estratta tutta l' acqua dal bacino e l'ha fatta cadere a terra, e ciò perchè in questo caso il tessuto si trovò posto in circostanza da servire da sifone. Per mettervi in grado di meglio distinguere in qual modo le sostanze agiscono le une sulle altre, mi sono munito di un vaso formato d' un tessuto metallico e ripieno di acqua. Potete comparare l'azione di codesto vaso a quella d'un pezzo di cotone o di tela di bambagia. Ed infatti i lucignoli si fabbricano talvolta con una specie di filo metallico. Noterete che il mio vaso è poroso; poichè se verso acqua alla sua parte superiore, essa sfuggirà dal basso. Se vi chiedessi in quale stato si trovi codesto vaso, cosa ei contenga e perchè vi rimanga ciò ch' ei contiene, sareste imbarazzati di certo. Esso è pieno d'acqua; vedete tuttavia che l' acqua entra ed esce come se fosse vuoto. Per provarvelo basta ch' io lo vuoti. Ecco la ragione di

codesto mistero: il tessuto metallico, dal momento che è bagnato, rimane bagnato, le maglie sono talmente strette che il liquido è attratto da una parte all'altra con forza bastante per rimanere nel vaso sebbene sia poroso. Così avviene che le molecole di sego fuso si alzano nel cotone e guadagnano la sommità del lucignolo; altre molecole le seguono, ed a misura che giungono in vicinanza alla fiamma si consumano a poco a poco.

Eccovi un'altra applicazione dello stesso principio. Vedete questo pezzo di giunco? Avrete più volte incontrato per istrada qualche collegiale che, per far l'uomo, si taglia un pezzo di giunco e si dà l'aria di fumarlo come fosse uno zigaro. La cosa è facilissima grazie alla permeabilità ed alla capillarità di codesto legno. Se colloco questo pezzo di giunco sovra un piatto contenente canfina (sostanza molto analoga alla paraffina) vedremo il liquido salirvi precisamente come il fluido azzurro salì sino in sommità della colonna di sale. Siccome i fianchi del giunco son rivestiti d'una superficie assai poco porosa, così il liquido non vi passa; si alza invece nell'interno. Eccolo già in cima del nostro pezzo di giunco, che accenderò ora trasformandolo in una candela. Il fluido si è alzato in virtù dell'attrazione capillare del pezzo di giunco, alla stessa guisa ch'ei si alza nel lucignolo di cotone di una candela.

E perchè la fiamma non si estende lungo tutto il lucignolo d'una candela? Perchè giunta ad un certo punto. essa trovasi spenta dal sego fuso. — Ecco la sola ragione, Voi non ignorate che una candela capovolta in guisa da far cadere la cera lungo il lucignolo si spegne. In tal caso la fiamma non ha tempo di riscaldare il combustibile al punto di renderlo capace di ardere, come avviene

quando la cera non giunge al lucignolo che in piccole quantità che hanno già subita l' azione del calore.

Havvi un altro punto relativo alle nostre candele che importa notare. Trattasi della volatilità del combustibile. Per farvela comprendere ripeterò una graziosa esperienza — graziosa assai, quantunque comunissima. Soffiando abilmente una candela, vedrete sollevarsi una piccola nube di vapore. Avrete spesse volte, ne son certo, sentito l'odore che spande il vapore d' una candela appena spenta: è un odore spiacevolissimo; ma, come vi diceva, purchè spegniate la candela con un po' di destrezza, distinguerete senza stento il vapore che rappresenta la sostanza solida metamorfosata. Soffierò una di queste candele in modo da non agitare l' aria circostante. Basta soffiarvi sopra in modo continuo. Ecco fatto! Se ora tengo un fiammifero a due o tre polici dal lucignolo (fig. 7), noterete una striscia di fiamma che traversa l' aria sino a che, giunta alla candela, la riaccende. Devo affrettarmi, perchè se lasciassi al vapore il tempo di raffreddarsi, esso si condenserebbe in un corpo liquido o solido, od anche perchè la corrente della materia combustibile si sconcerterebbe.



Fig 7.

Veniamo ora alla forma della fiamma. È essenzialissimo l' esser bene informati relativamente alla trasformazione che la materia della candela subì per ultimo in cima al lucignolo, ove brilla con quello splendore ammirabile che la fiamma soltanto

può dare. L'oro e l'argento brillano anch'essi, i rubini e i diamanti risplendono ; ma nulla, nulla saprebbe eclissare la fiamma. Ov'è il diamante che meriti essere comparato alla fiamma? Il diamante, durante la notte, non deve forse il suo splendore alla luce che lo rischiara? La fiamma brilla in mezzo alle tenebre ; ma il fuoco del diamante cessa d'esistere quando più non riceve l'elemosina d'una luce straniera. La candela soltanto brilla da sè e per sè o per coloro che ne preparano i mate-



Fig. 8.



Fig. 9.

riali. Studiamo ora un pochino la forma della fiamma quale ci appare sotto a questo vetro da lampada. Essa vacilla poco, diffonde luce eguale , e la sua forma è quella rappresentata dalla fig. 8. Essa varia in causa delle correnti atmosferiche ed inoltre in ragione della grossezza della candela. È un lungo cono brillante, più luminoso verso l'alto che verso il basso, col lucignolo nel mezzo, ed alla base del lucignolo alcune parti più nere che si mostrano là dove la combustione succede meno bene che in alto. Ho qui uno schizzo (fig. 9) fatto alcuni anni or sono dallo scienziato Hooker. Codesto disegno

rappresenta la fiamma d'una lampada, ma si applica egualmente bene alla fiamma d'una candela. La ciotola della candela forma la lampada o il serbatoio, il sego fuso sostituisce l'olio, ed il lucignolo è comune ad ambi i sistemi d'illuminazione. Superiormente al lucignolo ergesi una piccola fiamma; poi, in giro a codesta fiamma, una data quantità di materia della quale ignorate certo la esistenza. Il disegnatore rappresentò esattamente le parti dell'atmosfera circostante, essenziali per la formazione della fiamma, che sempre l'accompagnano. In fatti, si produce una corrente che solleva la fiamma; poichè la fiamma che vedete è realmente sollevata da questa corrente e ciò a grande altezza, come indica il prolungamento rappresentato nello schizzo. Potete assicurarvene prendendo una candela accesa, che collocherete fra i raggi solari ed un foglio di carta in guisa da ottenere l'ombra della fiamma. Non è egli meraviglioso il vedere che un oggetto abbastanza luminoso per mostrarvi l'ombra d'ogni corpo, sia alla sua volta ridotto a gettare la propria ombra sopra un foglio di carta od un cartone, in modo da permettervi di veder sorgere in giro alla fiamma alcunchè che non fa parte della fiamma, ma che si alza in fianco ad essa e la obbliga a salire? Adesso imiterò il sole applicando la batteria voltaica ad una macchina elettrica. Ecco il nostro sole in tutto il suo splendore. Collocando la candela fra la nostra imitazione del sole e questo schermo, otterremo l'ombra della fiamma. Osserverete l'ombra della candela e del lucignolo; poscia la parte oscura, che avete già veduta nel disegno, ed un'altra parte più distinta. Cosa strana, ciò che l'ombra ci rappresenta nella sua parte più oscura è in fatto il punto più brillante; e qui vedete la corrente d'aria calda che solleva la fiamma, le fornisce un alimento e raffredda gli orli dalla ciotola contenente il grasso fuso.

Un'altra dimostrazione spiegherà in qual modo la fiamma salga o scenda a seconda delle correnti d' aria. Ecco una fiamma — non è quella d'una candela. — Ma ormai dovete essere in grado di generalizzare e di comparare. È mia intenzione di trasformare la corrente che solleva la fiamma in una corrente che la costringerà ad abbassarsi. Ci riescirò facilmente mediante il piccolo apparecchio che vedete. La fiamma, come già dissi, non è quella di una candela, è un prodotto dell'alcool che non ci darà troppo fumo. L' impiego d' un' altra sostanza [1] darà alla fiamma un colore, mercè il quale potrete seguirla nel suo movimento; poichè senza questa precauzione essa sarebbe appena visibile. Accendo dunque questo spirito di vino, ed abbiamo una fiamma. Osserverete che all'aria libera essa sale naturalmente in causa della corrente provocata dalla combustione. Ma soffiando sulla fiamma, la obbligo a discendere in questo piccolo caminetto, trovandosi cangiata la direzione della corrente. Prima di giungere alla fine di questo corso, vi avrò mostrata una lampada in cui la fiamma sale mentre il fumo scende, ed in cui il fumo sale mentre la fiamma si abbassa. Vedete dunque che si è scoperto il modo di variare la direzione delle correnti.

Passo a spiegarvi degli altri punti. La maggior parte delle fiamme che vedete cangia forma continuamente, causa le correnti d' aria che vi giungono da varie parti; ma volendo esser meglio informati sul loro conto, potremo ottener fiamme che avranno l'apparenza d'essere immobili; nulla c'impedirà di fotografarle e così diverranno immobili davvero. Ma ciò non è ancor tutto quello che volevo

[1] Si ottiene, per esempio, una bella fiamma verde facendo sciogliere del cloruro di rame nell' alcool.

dirvi. Se prendo una fiamma sufficientemente sviluppata essa non conserverà quell'omogeneità, quelle uniformi condizioni di contorno che si hanno nella fiamma d'una lampada o d' una candela; essa si emancipa e scoppia con una forza di vitalità veramente meravigliosa. Mi servirò ora d'una nuova specie di combustione, che però imiterà assai bene il sego d'una candela. Qui ho una grossa pallottola di cotone (fig. 10) che servirà da lucignolo. Ora che l'ho bagnata nello spirito di vino e l'ho accesa, in che diffe-

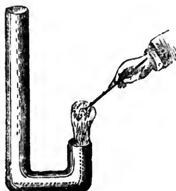


Fig. 10.

risce essa da una candela ordinaria? Ne differisce molto sotto ad un rapporto, poichè ha una potenza, una vivacità, una bellezza che una candela non potrebbe manifestare. Vedete le belle lingue di fuoco che se ne fuggono. Notiamo la stessa disposizione generale nel complesso della fiamma; essa va dal basso all'alto; ma abbiamo inoltre questo getto di lingue di fuoco che la candela non produce. Donde viene codesta differenza? Devo spiegarvela, poichè, conosciutala, sarete meglio in caso di comprendere quanto dovrò dirvi in appresso. Presumo che alcuni di voi avranno già fatta l' esperienza che ora

imprenderemo. C'è qui alcuno che non conosca quel giuoco inglese in cui si rischia di bruciarsi un po' le dita onde pigliare alcuni grani d'uva? Questo giuoco fornisce la più bella dimostrazione della teoria della fiamma. Ecco il piatto, e permettetemi di raccomandarvi di farlo riscaldare ben bene quando vorrete pescare i grani d'uva nell'acquavite accesa. Convien scaldare prima e l'uva e l'acquavite.

Questa precauzione io non l'ho presa, ma poco importa, poichè non abbiamo intenzione di prolungare il giuoco. Dopo versato il vostro alcool nel piatto avete la ciotola ed il combustibile, ed ecco i grani d'uva che faranno la parte di lucignoli. Li getto nel piatto, do fuoco al mio liquido ed ecco vedete alzarsi le belle lingue di fuoco di cui vi parlavo dianzi. L'aria che giunge, scorrendo superiormente agli orli del piatto, forma codeste lingue. E perchè? Perchè la forza della corrente e l'azione ineguale della fiamma impediscono a questa di formarsi in getto uniforme. L'aria sale tanto irregolarmente da produrre in ognuna di queste piccole lingue un'esistenza isolata, rompendo così ciò che in altre condizioni non darebbe che una sola immagine. Il nostro piatto rappresenta un gran numero di candele indipendenti. Non dovete poi credere, perchè vedete tutte queste lingue ad un tempo, che la fiamma abbia questa forma particolare. Una fiamma simile non esiste mai in un dato istante. Il fondo di una fiamma come quella che avete veduto emanare dalla pallottola di cotone, non ha mai la forma con cui vi appare. Essa si compone di molte fiamme diverse che si succedono tanto rapidamente da non permettere all'occhio di distinguerne che l'insieme. Analizzai espressamente, tempo fa, una fiamma che offre questo carattere generale, ed il disegno che vi presento indica le varie

parti di cui essa si compone (fig. 11.) Vi ho detto che non tutte si presentano al tempo stesso, ciò è perchè si sostituiscono con straordinaria velocità e perciò ci sembrano prodotte simultaneamente.

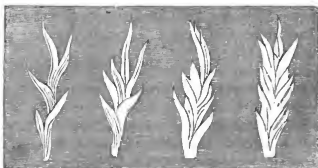


Fig 11.

C' è proprio da vergognarsi a considerare lo scarso progresso che abbiamo fatto questa sera; ma, sotto nessun pretesto, non posso trattenermi al di là dell' ora fissata. Approfitterò della lezione; in seguito sarò più sobrio di dimostrazioni ed approfondiremo maggiormente le questioni.

LETTURA SECONDA.

Una candela: splendore della fiamma. — Aria necessaria alla combustione. — Formazione dell' acqua.

Nella precedente lezione ci siamo occupati del carattere generale della parte fluida d' una candela e del modo in cui codesto fluido giunge là dove si effettua la combustione. Avete veduto che una candela quando arde regolarmente al riparo dal vento, produce una fiamma d' aspetto molto uniforme e che ciò nondimeno è curioso assai. Quest'oggi ci occuperemo dei mezzi mercè i quali si riesce a scoprire ciò che avviene in tale o tal altra parte della fiamma; perchè ciò avviene; quali trasformazioni accadono mentre ciò avviene ed infine dove va a finire l' intera candela; poichè questa candela, come sapete benissimo, se arde convenientemente, scompare senza lasciare la menoma traccia nel candeliere, circostanza che è molto curiosa. Onde poter esaminare questa candela con ogni cura immaginabile, ho disposto alcuni apparecchi dei quali conoscerete l' uso fra non molto. Ecco una candela; colloco l' estremità di questo tubo di vetro (fig. 12) nel mezzo della fiamma, in quella parte della fiamma che nel disegno di Hooker è abbastanza nera, e che potrete rimarcare ogniqualvolta osservate una candela senza incagliarne la combustione. Principieremo dall'esame di questo punto nero. Introduco una delle estremità del mio tubo ricurvo

in questa porzione di fiamma, e tosto vedete qualche cosa che si svolge dalla fiamma ed esce dall'altra estremità del tubo.

Se da questo lato colloco un fiasco vedrete che questa cosa che sfugge dal centro della fiamma si lascia attrarre a poco a poco, scende traverso il tubo e si introduce nel fiasco, ove non si comporterà certo alla stessa maniera che all'aria libera. Non solo sfugge dall'estremità del tubo, ma

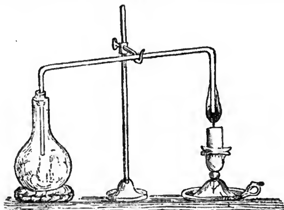


Fig. 12

essendo pesante cade in fondo al fiasco. Infatti questa cosa rappresenta la cera convertita non già in gaz, ma in un liquido ridotto in vapore. Conviene che impariate a conoscere la differenza che passa fra un gaz ed un vapore: il primo è permanente, mentre l'altro può essere condensato. Spegnendo una candela sentite un pessimo odore, che è prodotto dalla condensazione di questo vapore. Ciò non rassomiglia certo a quanto avete al difuori della fiamma; e, per meglio dimostrarvelo, produrrò ed accenderò una porzione più considerevole di questo vapore; poichè nella nostra qualità di filosofi, dobbiamo produrre in grande ciò che

la candela ci fornisce in piccolo; il che ci permetterà di meglio studiarne le varie parti. Il mio preparatore mi fornirà una sorgente di calore ed io vi mostrerò cosa è il vapore. Ecco della cera in una bottiglia, la riscalderò allo stesso grado della fiamma centrale di questa candela, allo stesso grado della materia contenuta nella sua *ciotola*. *(Il professore pone della cera in una bottiglia e la riscalda sopra una lampada).* Va benone, ora la credo calda abbastanza. Vedete che la cera è diventata fluida e che ne esce un'po di fumo. Riscaldiamola ancora un poco, poichè mi preme avere tanto vapore da poterne versare in questo bacino ed accenderlo. Ecco dunque un vapore assolutamente simile a quello che abbiamo nel mezzo della fiamma della candela. Perchè non abbiate a dubitarne, vediamo un po' se non troviamo in questa bottiglia un vero vapore combustibile ricavato da questa fiamma istessa. *(Il professore prende la bottiglia in cui aveva fatto entrare il tubo di vetro e vi introduce un fiammifero acceso).* Vedete come esso arde! Ora questo è vapore bello e buono tolto dal centro della fiamma della candela. E questo punto vuol essere considerato anzitutto da chi studia la trasformazioni della cera che si consuma. Disporrò con cura un altro tubo nella fiamma, e potremo meravigliarci se agendo con destrezza non riesciamo a decidere il vapore a muoversi fino all' altro capo del tubo, ove lo accenderemo; otterremo così una fiamma assolutamente eguale a quella che brilla un po' più in basso. Osservate. Non è questa una graziosa esperienza? Altro che tubi di gas! noi abbiam posto adesso un tubo di candela! Onde vedete che due azioni di genere diverso entrano in campo: prima la *produzione,* poi la *combustione* del vapore: ciascuna delle due azioni si effettua separatamente.

La parte che è già bruciata non mi darà vapore. Sol-

levando il mio tubo e collocandolo più alto nella fiamma (fig. 13), non appena il vapore residuo sarà stato espulso, ciò che gli terrà dietro non sarà più combustibile, essendo già arso. Come arso, perchè? Nulla di più semplice. Il vapore combustibile trovasi nel centro della fiamma là dove c'è il lucignolo; al di là della fiamma c'è l'aria, senza la quale, come sapremo ben presto, la com-

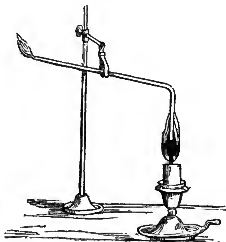


Fig. 13.

bustione sarebbe impossibile; fra l'aria e la fiamma si esercita un'energica azione chimica, poichè l'aria ed il combustibile operano tanto bene l'una sull'altro, che nello stesso momento in cui otteniamo la luce, il vapore è distrutto. Se rintracciate il luogo da cui emana il calore in giro ad una candela, scoprirete che la sorgente del calore occupa una singolar posizione. Supponiamo ch' io tenga un foglio di carta (fig. 14) superiormente ed assai vicino alla fiamma, dove troveremo il calore di codesta fiamma? Non vedete che esso non si trova nel centro? Esso forma un anello precisamente nel luogo in cui, come di-

cevo, succede un' azione chimica, e, ad onta della poca regolarità della mia esperienza, e purchè l' aria non sia troppo agitata, si produrrà un anello sulla carta. È questa un' interessante esperienza che facilmente potrete ripetere a casa vostra. Prendete un pezzo di carta, procurate che non vi sieno correnti d' aria nella stanza, collocate il vostro foglio traverso il centro della fiamma (io non devo

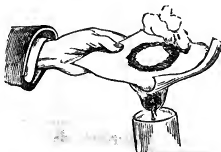
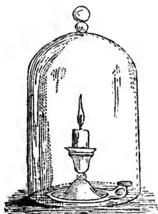


Fig. 14.

parlare mentre fo l' esperienza io stesso) e vedrete che essa brucierà in due luoghi, e niente affatto o pochissimo nel centro. Quando avrete ricominciata l' esperienza due o tre volte, in guisa da riescirvi per bene, sarete molto vogliosi di assicurarvi del luogo in cui trovasi il calore, e riconoscerete che realmente esso agisce là ove l'aria ed il combustibile s' incontrano.

Importa prender nota di questo fatto prima di andare innanzi. L'aria è indispensabile alla combustione, e di più, saprete essere necessario che quest' aria si rinnovi. Ecco una campana piena d' aria; la colloco sopra una candela (fig. 15) che da principio arde convenientemente, provandovi che ho detto la verità. Ma ben presto si annuncia un cangiamento. Vedete? la fiamma si allunga,

impallidisce ed è lì lì per estinguersi. Perchè si estinguerebbe? Non per mancanza d'aria poichè la campana ne contiene ora tanta quanto prima, ma perchè quest' aria cessò d' essere pura. La campana tuttora è ripiena d'aria, della quale soltanto una parte subì una trasformazione; ciònullameno essa non contiene tanta aria pura quanta ce ne vuole onde lasciar ardere la candela. Son questi altrettanti punti ai quali noi, giovani chimici, siam tenuti di prestare molta attenzione. Se studiamo un po' più davvicino questo genere d'azione, giungeremo passo passo a conclusioni estremamente interessanti. Per esempio, ecco una lampada; ci sarà utilissima nelle nostre esperienze. Ne faccio una candela *(il professore impedisce la circolazione dell'aria nel centro della fiamma).* Ecco il cotone, ecco l'olio che sale ed ecco la fiamma in forma di cono. Essa arde assai male perchè in parte io la privai d'aria. Permisi all'aria di giungere soltanto esteriormente, e sembra che la lampada ne desideri maggior quantità. Il lucignolo è già grande, perciò riesce impossibile fornirgli maggior quantità d'aria dalla parte esterna; ma se, adottando l'ingegnosa invenzione di Argand, apro un passaggio nel mezzo della fiamma, in guisa che l'aria vi penetri, vedrete come essa arderà bene. Se all'incontro intercetto l'aria, vedrete come fumerà. E perchè? Ci si parano innanzi alcuni altri punti interessanti da studiare: la combustione della candela, la candela che si spegne per mancanza d'aria, e la combustione imperfetta,


Fig. 15.

Quest'ultimo punto specialmente ci interessa molto, e desidero che lo comprendiate bene. Produrrò adesso una gran fiamma che mi fornirà una dimostrazione migliore. Ecco un grosso stoppino. *(Il professore accende una pallottola di cotone impregnata di trementina).* Pallottola o candela è in fin dei conti la stessa cosa. Se adoperiamo uno stoppino grande ci abbisognerà pure una grande corrente d'aria, senza di che la combustione sarebbe men perfetta. Vedete questa sostanza nera che si solleva nell'aria? È un vero fuoco d'artifizio vestito a lutto (perdonate la metafora) e che non si ferma. Ho trovato il mezzo di sbarazzarci da queste molecole che bruciano male e che avrebbero potuto incomodarci. Vedete la fuliggine uscire dalla fiamma, vedete quanto è imperfetta la combustione, perchè non trova aria a sufficienza. Di che dunque può lagnarsi il nostro stoppino? Al nostro stoppino mancano alcune cose senza le quali una candela non arderà mai bene, e per conseguenza si hanno risultati poco soddisfacenti. Noi sappiamo cosa succede ad una candela posta in condizioni favorevoli. Quando vi mostrai la traccia lasciata sovra una parte del pezzo di carta dall'anello di fiamma, avrei potuto mostrarvi voltando la carta, che la combustione della candela produce lo stesso genere di fuliggine, vale a dire carbone o carbonio.

Ma prima di mostrarvi ciò, devo spiegarvi — sebbene io abbia preso per esempio una candela, e vi abbia citata la sua fiamma come il risultato della combustione in generale — devo spiegarvi, che la combustione si opera in varii modi, e che la fiamma non si presenta sempre nelle stesse condizioni. Questo punto vuol essere bene stabilito. Poichè è convenuto che qui siam tutti giovanissimi, il miglior mezzo per dimostrare quanto asserisco sarà di ricorrere a contrasti evidenti. Ecco un po' di polvere da cannone. Sapete che la

polvere produce una fiamma; poiche senza alcuno scrupolo la si può dire una fiamma. La polvere contiene carbone ed altre sostanze, che riunite, danno una luce passeggera. Ecco inoltre ferro polverizzato o limatura di ferro. Ora, è mia intenzione di bruciarle assieme; qui ho un piccolo mortaio che mi servirà a mescolarle. Prima d'incominciare queste esperienze, permettetemi ch' io esprima la speranza che nessuno di voi darà origine ad una disgrazia divertendosi a ripetere la prova, poichè queste sostanze sono pericolosissime a maneggiarsi, quando non si prendono le più minute precauzioni. Ecco dunque un po' di polvere che depongo in questo vasetto di legno; mescolo ad essa la limatura di ferro, essendo mio scopo l'obbligare la polvere a mettere fuoco a questa limatura, che brucierà nell' aria, mostrandovi la differenza che passa fra le sostanze che bruciano con fiamma e quelle che bruciano senza fiamma. Ecco la mescolanza. Quando appiccherò il fuoco, state bene attenti alla combustione, seguitela con gli occhi e vedrete che si effettuerà in due maniere. Vedrete la polvere ardere con fiamma, mentre la limatura sarà lanciata nell' aria. Ciascuna brucierà separatamente. *(Il professore avvicina un lume alla mescolanza).* Ecco la polvere che brucia con fiamma e fa saltare in aria la limatura. Comprendete dunque queste due grandi distinzioni. Da queste differenza dipende tutta l'utilità e tutta la bellezza della fiamma che adoperiamo per rischiararci. L'efficacia sia dell' olio, sia del gaz, sia delle candele di cui facciamo uso, dipende interamente da queste diverse specie di combustione.

Certe fiamme si presentano in condizioni tanto strane che è necessaria un po' di abilità per distinguere i diversi modi della combustione.

Per esempio, abbiam qua fra mani una polvere molto

combustibile composta d'una quantità di molecole separate. La si chiama *licopodio* [1], e ciascheduna delle molecole che qui scorgete può produrre un vapore ed una fiamma, ma, vedendole bruciare, vi immaginereste non esservi che una fiamma sola. Ne accendo una certa quantità e vedrete l'effetto. Abbiamo ottenuta una fiamma unica in apparenza; ma il rumore che avete udito prova che la combustione non fu nè continua nè regolare. Con questa sostanza si fabbricano le folgori sul palco scenico. *(Il professore ricomincia due volte l'esperienza servendosi d'un tubo di vetro per lanciare del licopodio nella fiamma d'una lampada a spirito di vino).* Questo genere di combustione non è lo stesso di quello che abbiam osservato nel caso della limatura, e sul quale ritorneremo fra breve.

Supponiamo ch'io prenda una candela ed esamini questa parte della fiamma che ci sembra la più brillante. Ebbene, vi trovo quelle molecole nere che più d'una volta avete vedute svolgersi dalla fiamma, dalla quale le estrarrò mediante un nuovo processo. Prendo dunque questa candela e la sbarazzo della colatura prodotta dalle correnti d'aria. Se ora dispongo un tubo di vetro in guisa da immergerlo nella parte luminosa, come già feci nella nostra prima esperienza, ma un po'più alto, vedrete il seguente risultato (fig. 16). In luogo di quel vapore bianco che abbiamo ottenuto la prima volta, ora abbiamo un vapore nero. Eccolo giungere nero come inchiostro. Non rassomiglia menomamente all'altro, e se vi avviciniamo un lume, il vapore ben lungi dall'accendersi, spegnerà il lume. Ebbene, queste molecole, come già vi dissi, rappresentano il fumo della

[1] Il licopodio è una polvere giallognola che si trova nel frutto del *lycopodium clavatum.* Lo si adopera nei fuochi d'artificio.

candela; ciò mi rammenta quel genere di divertimento che Jonathan Swift raccomandava per ischerzo ai domestici, cioè di scrivere sul soffitto con una candela. Ma cosa è mai questa sostanza nera? Essa non differisce punto dal carbonio esistente nella candela. Come si svolge? È fuor di dubbio che essa esiste nella candela, altrimenti non avremmo potuto coglierla al passaggio e metterla in bottiglia. Seguite bene le mie spiegazioni. Non vi immagi-

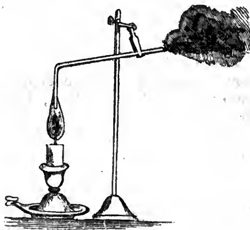


Fig. 16.

nate al certo, io credo, che tutte queste molecole nere, questi atomi di fuliggine che si muovono nell'atmosfera di Londra, siano la vita e la bellezza della fiamma, nella quale ardono come abbiamo veduto ardere la limatura di ferro. Ecco un pezzo di tessuto metallico (fig. 17) che non permetterà il passaggio della fiamma, e quando abbasserò il tessuto fino a questa parte tanto brillante della nostra fiamma, vedrete ch'ei la domerà tosto e lascierà passare soltanto una nube di fumo.

Desidero vi facciate ben persuasi di questo: che allorquando una sostanza arde come ardeva la limatura nella fiamma

della polvere da cannone, senza tramutarsi in vapore (sia che si trasformi in liquido, sia che rimanga allo stato solido), essa diventa luminosissima. Ho scelti due o tre esempi, all'infuori della candela, onde spiegarvi codesto punto; poichè quanto avrò a dirvi si applica a tutte le sostanze, tanto se bruciano, quanto se non bruciano. Rimane dunque stabilito che sono immensamente brillanti quando rimangono allo stato solido, e che la fiamma trae il suo splendore dalle molecole solide che vi si trovano.



Fig 17

Ecco un filo di platino, corpo che non si decompone pel calore; lo riscaldo a questa fiamma e vedete come diventa luminoso. Ora ammorzerò la fiamma in guisa da avere appena appena un po' di luce, e vedrete tuttavia che, sebbene il mio filo di platino non abbia acquistata che poca quantità di calore, pure produrrà splendore assai più intenso. Qui ho impiegato una fiamma contenente carbonio; ora ne proveremo un' altra che non ne contiene. Ecco in questo vaso una materia, una specie di combustibile — un vapore od un gas, dategli il nome che più vi aggrada, — non contenente alcuna molecola solida. Scelgo questo combustibile poichè mi offre un esempio di fiamma ardente senza il sussidio del più lieve atomo solido. Vi getto una sostanza solida, e vedete qual intenso calore acquista la fiamma, vedete come essa fa

brillare quanto vi ho gettato? Questo tubo serve di condotta al gaz che dicesi idrogeno, del qual gaz ci occuperemo più a lungo un altro giorno. E qui abbiamo una sostanza chiamata ossigeno, mediante la quale si può far bruciare l'idrogeno. Ora, sebbene la loro mescolanza produca un calore ben più intenso [1] di quello fornito da una candela, pure non ne otteniamo che una luce assai scarsa. Tuttavia aggiungendovi certa sostanza solida, si ottiene una luce splendidissima. Se prendo un pezzo di calce, sostanza che non brucia, che il calore non trasformerà in vapore (e che, non vaporizzandosi, rimane solida e conserva il calore), vedrete ben presto cosa accadrà. L'idrogeno messo a contatto con quest'ossigeno, emette un calore dei più intensi; ma per ora vi ha ben poca luce — non già per mancanza di calore, ma per l'assenza di molecole atte a rimanere allo stato solido. Ne volete una prova? Collochiamo questo pezzo di calce nella fiamma dell'idrogeno che arde nell'ossigene. Vedete splendore! Una luce ammirabile che rivaleggia con la luce elettrica ed eguaglia quasi quella del sole! Qui ho un pezzo di carbonio o di carbone di legno che brucierà e ci rischiarerà assolutamente come se funzionasse nella fiamma d'una candela. Il calore che emana dalla fiamma d'una candela decompone il vapore della cera e mette in libertà delle molecole di carbonio; esse si alzano, risplendenti quanto quelle di cui si compone il pezzo che vedete, e si perdono nell'aria. Si noti però che le molecole abbruciate non si allontanano mai dalla candela

[1] Bunsen calcolò che la temperatura d'un cannello ad ossidrogeno è di 8061 gradi centigradi. L'idrogeno che brucia nell'aria ha una temperatura di 3259 gradi; quella del gaz di carbon fossile giunge soltanto a 2350 gradi.

sotto forma di carbonio. Esse scompaiono nell' atmosfera, convertite in una sostanza perfettamente invisibile della quale parleremo in appresso.

Non vi sanno di meraviglioso queste trasformazioni? Non vi stupite vedendo un sucido pezzo di carbone diventare incandescente? La questione può ridursi a questa: ogni fiamma luminosa contiene molecole solide; ogni cosa che arda e produca queste molecole solide, sia durante la loro combustione, come nella candela, sia immediatamente dopo, come abbiam veduto nella nostra esperienza sulla polvere e la limatura di ferro, ci dà codesta luce ammirabile.

Vi porgerò ancora alcuni esempi. Ecco un pezzo di fosforo che brucia con fiamma brillante. Va benissimo; possiamo già concludere che il fosforo produrrà molecole solide, tanto mentre brucia, quanto poco dopo. Accendo il mio fosforo, lo copro con una campana (fig. 18) affinchè nulla possa sfuggire. Che mai è tutto codesto fumo? Codesto fumo si compone precisamente delle molecole prodotte dalla combustione del fosforo. Ecco altre due sostanze — clorato di potassa e solfuro d'antimonio. Le mescolerò alquanto ed arderanno in vari modi. Tocchiamole anzitutto con una goccia d'acido solforico, per darvi un esempio dell' azione chimica, e tosto si infiammeranno [1] *(Il professore accende la mescolanza nel*

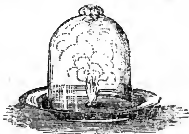


Fig. 18.

[1] Ecco in qual maniera l'acido solforico agisce sulla mescolanza di solfuro d'antimonio e di clorato di potassa: una parte di quest'ultima sostanza è decomposta dall'acido in acido ipocloroso, in

modo indicato). D'ora in poi non avete che a guardare per giudicare se la combustione produce o non produce delle molecole solide. Vi ho indicata la serie di ragionamenti che vi metterà in grado di dire cosa avviene nel caso attuale. Voi sapete che questa fiamma brillante rappresentá le molecole solide che sfuggono nell' aria.

Il mio preparatore ha nel suo fornello un crogiuolo caldissimo;— io vi getterò della limatura di zinco, e questa arderà con fiamma simile a quella della polvere da cannone. Vi mostro quest'esperienza, poichè vi sarà facile ripeterla a casa vostra. Vi prego di osservare il risultato che darà la combustione di questo zinco. Eccolo ardere quasi tanto bene quanto una candela. Cos' è tutto questo fumo, cosa sono questi piccoli fiocchi lanosi che verranno da voi, poichè voi non potete andare verso di loro? Ci rimane nel crogiuolo molta di questa materia lanosa. Prendo un pezzo di quest' istesso zinco per fare un' esperienza un po' più semplice. Il risultato non varierà. Ecco lo zinco; più in là, il fornello. *(Il professore indica un becco di gaz idrogeno)*. Mettiamoci all'opra e cerchiamo di bruciare il metallo. Ei si infiamma. Il vedete; ecco la combustione ed ecco la sostanza bianca ch'essa produce. E così, se paragono la fiamma dell'idrogeno ad una candela, se vi mostro una sostanza come lo zinco ardere nella fiamma, comprenderete che codesta sostanza brucia soltanto durante l'azione della combustione, intanto che rimane riscaldata. Ora io prendo una fiamma d' idrogeno e vi aggiungo codesta sostanza bianca mercè lo zinco, da cui essa si sviluppa. Vedete come questa sostanza brilla, unicamente perchè è solida.

bisolfato di potassa ed in perclorato di potassa. L'acido ipocloroso infiamma il solfuro di antimonio, che è una materia combustibile, e tutta la massa brucia immediatamente.

Ora ricorrerò ad una fiamma simile a quella impiegata poco fa, e metterò in libertà le molecole di carbonio. Ecco della canfina che ardendo produce fumo. Mediante questo tubo manderemo le molecole di fumo a far visita alla fiamma di idrogeno; vedrete allora queste molecole ardere e diventar luminose, poichè le abbiamo riscaldate una seconda volta. Ecco, si infiammano. Sono le molecole di carbonio che si riaccendono. Sono appunto quelle particelle che distinguereste facilmente collocando dietre ad esse un foglio di carta. Penetrando nella fiamma, esse vengono accese dal calore, ed appena accese producono questo splendore. Non si ottiene però questo splendore quando le molecole non sono disgiunte. La fiamma del carbon fossile deve il suo splendore allo sviluppo di queste molecole di carbonio che si trovano in essa come nella fiamma d'una candela. Posso ben presto cangiare codesto stato di cose. Ecco ad esempio un bel getto di gaz. Se aggiungo alla fiamma tanta aria quanta ne è mestieri per abbruciare tutto prima che codeste molecole abbiano potuto svilupparsi, non avrò più la stessa luce. Basta a tale scopo collocare sul getto di gaz un cappuccio di tela metallica; accendo il gaz per disopra, ed esso arde con fiamma poco luminosa, poichè ha ricevuto molta aria prima di bruciare. Vedrete, se sollevo il cappuccio, che nulla brucerà al di sotto [1]. Il gaz contiene

[1] L'apparecchio fumivoro che tanto vantaggiosamente si adopera nei laboratorii per bruciare l'aria deve la sua utilità a questo principio. Quell'apparecchio si compone d'un camino cilindrico di metallo, la cui sommità è coperta da un tessuto metallico alquanto grossolano, sostenuto superiormente ad un focolaio secondo il sistema d'Argand, in modo da permettere al gaz di mescolarsi nel camino con una quantità d'aria sufficiente per permettergli di abbruciare ad un tempo il carbonio e l'idrogeno; per conseguenza il carbonio non

invero una buona dose di carbonio, ma questo carbonio brucia prima che l' aria possa arrivarvi e mescolarvisi, perciò la fiamma rimane azzurrognola e pallida. Se soffio sopra questo brillante getto di gaz con forza bastante per consumare tutto il carbonio prima che sia stato riscaldato al punto da diventare incandescente, anch'esso ci dà una fiamma azzurra. La sola causa che m' impedisce di avere una luce splendida quando soffio sulla fiamma, si è che il carbonio trova in tal caso aria bastante per consumarsi completamente prima di svolgersi nella fiamma allo stato libero. Tutta la differenza dipende semplicemente dal fatto, che le molecole solide non si separano prima che il gaz siasi abbruciato.

Avete osservato che la combustione d'una candela dà origine a certi prodotti, che una porzione di codesti prodotti può essere considerata come carbone o fuliggine, e che il carbonio, abbruciato alla sua volta, dà un altro prodotto. Ci interessa molto il sapere qual è quest'ultimo prodotto. Vi ho già mostrato che qualche cosa si perdeva nell'aria, ora desidero farvi comprendere che questa cosa se ne va in gran quantità. A tale scopo stabiliremo la combustione sopra scala più vasta. L' aria riscaldata sale al di sopra di questa candela, e due o tre esperienze vi permetteranno di distinguere la corrente ascendente; ma per darvi un' idea della quantità di materia che a questo modo si alza nell' aria, vi presenterò un' esperienza nella quale cercherò imprigionare alcuni fra i prodotti di questa combustione. Mi son munito, a tale scopo, d'un palloncino che mi servirà in certo modo per misurare il risul-

si sviluppa nella fiamma e quindi non si forma alcun deposito di fuliggine. La fiamma, non potendo passare traverso il tessuto metallico, brucia alla sommità in modo regolare e resta quasi invisibile.

tato della combustione che ora ci occupa. Mi fabbricherò ora la fiamma che meglio raggiungerà lo scopo ch'io mi prefiggo. Questo piatto rappresenterà la *ciotola* della candela; questo spirito di vino sarà il nostro combustibile; poscia collocherò al di sopra questo camino, il che sarà assai meglio che l'abbandonare le cose in balìa del caso. Il mio preparatore accenderà il combustibile, e qui in alto raccoglieremo i risultati della combustione. Quanto otteniamo alla sommità di codesto tubo (fig. 19) è identico, almeno in generale, a quanto ci vien fornito dalla combustione d'una candela: qui però non abbiamo una fiamma luminosa, poichè adoperiamo sostanza contenente poco carbonio. Manterrò il pallone sul camino, non già ch'io voglia lasciarlo poi andare, ma per mostrarvi l'effetto risultante dall'azione dei prodotti che emanano da una candela, prodotti affatto simili a quelli che sfuggono da questo camino. *(Il pallone vien collocato sull'alto del camino ed incomincia tosto a gonfiarsi).* Vedete come vorrebbe andarsene, ma dobbiamo trattenerlo, poichè potrebbe entrare a contatto coi getti di gaz che brillano lì in alto, il che presenterebbe degli inconvenienti. *(Alla richiesta del professore, si spengono i becchi di gaz posti ad una certa altezza e si permette al pallone di alzarsi).* Ciò forse non vi prova che una gran quantità di materia se ne andava? Ora, faremo passare traverso a questo tubo *(collo-*


Fig. 19.

cando un tubo di vetro superiormente ad una candela) tutti i prodotti di questa candela, e ben presto vedrete il tubo diventar opaco. Se piglio un'altra candela e la dispongo sotto una campana e poi metto un lume dalla parte opposta, unicamente per mostrarvi quanto succede, voi vedete che le pareti della campana si offuscano e che la candela arde più stentatamente. E' sono i prodotti della campana. Se rientrando a casa prendete un cucchiaio che sia rimasto esposto all'aria, e lo tenete sopra una candela — non però in guisa da annerirlo — lo vedrete offuscarsi analogamente alla campana. L'esperienza riescirà ancor meglio se potete procurarvi un piatto d'argento. Ed ora, per darvi a riflettere su ciò che sarà tema della nostra prossima conversazione, mi limiterò a dirvi che codesto oscuramento è prodotto dall'*acqua*. Quando ci riuniremo di nuovo, vi mostrerò come si possa senza difficoltà ricondurre quest' acqua allo stato liquido.

LETTURA TERZA.

Prodotti della combustione: acqua proveniente dalla combustione. — Natura dell'acqua. — L'acqua non è un corpo semplice. — Idrogeno.

Dunque ci siamo separati l'altra sera parlando dei prodotti della combustione d'una candela. Abbiamo veduto come con un po' di destrezza si può obbligare una candela accesa a fornirci diverse materie. Abbiamo veduto che una di queste materie, il carbonio od il fumo, non si può ottenere quando la candela arde bene. Abbiamo pure imparato che esiste un'altra sostanza la quale si alza sulla fiamma, e non si distingue tanto bene quanto il fumo, ma che scompare sotto una forma diversa e fa parte della corrente generale che ascende in giro alla candela, diviene poi invisibile e sfugge. E questi non sono i soli prodotti che abbiam riconosciuti; vi rammentate certo che in quella corrente che ascende e trae origine dalla candela, abbiam trovata una parte atta a condensarsi sopra un cucchiaio, sopra un piatto o sopra qualsiasi altro oggetto freddo, ed un'altra parte che non può condensarsi.

Incominceremo prendendo la parte atta a condensarsi; la esamineremo, e — cosa strana — troveremo che essa è acqua, null'altro che acqua. Al finire dell'ultima nostra conversazione, non vi parlai che incidentalmente di que-

sto fatto, limitandovi a dirvi che l'acqua figura fra i prodotti condensabili di una candela; ma oggi desidero chiamare su questo punto tutta la vostra attenzione. Vogliamo esaminare accuratamente l'acqua, in ispecie, nei suoi rapporti coll'argomento che trattiamo, e poi relativamente alla sua esistenza generale alla superficie del globo.

Preparerò dapprima un esperimento onde condensare l'acqua proveniente dai prodotti della candela, e poi vi mostrerò l'acqua stessa. Uno dei migliori mezzi che io possa impiegare per rendere sensibile la presenza a tante persone ad un tempo, è di presentarvi una visibilissima reazione dell'acqua, e poscia applicare la prova alla goccia formatasi al disotto di questo vaso. Qui ho una sostanza chimica scoperta da sir Humphry Davy, una sostanza che esercita una azione molto energica sull'acqua. Ne prendo un pezzetto — questa cosa si chiama potassio, nome desunto dalla potassa [1] — lo getto in una catinella d'acqua; accendendosi tosto, ei rivela la presenza dell'acqua. Vedetelo galleggiare ardendo con fiamma violetta. Ora ritirerò la candela (fig. 20) che arde sotto a questo vaso contenente ghiaccio e sale, e vedrete una goccia d'acqua — prodotto condensato della combustione — sospesa sotto alla superficie del recipiente. Vi mostrerò che il potassio agisce su quest'acqua allo stesso modo di prima, quando cioè agiva sull'ac-

[1] Il potassio, base metallica della potassa, fu scoperto nel 1807 da sir Humphry Davy, che potè isolarlo assoggettando la potassa all'azione d'una forte batteria voltaica. La potassa idrata, comunemente detta *potassa*, è una materia bianca, caustica, untuosa, il cui contatto altera la pelle; messa in rapporto con le sostanze organiche produce odore particolare, odore di liscivia. La grande affinità del potassio pell'ossigeno gli permette di decomporre l'acqua sviluppando l'idrogeno che si infiamma in virtù del calore prodotto.

qua della catinella nell' esperienza precedente. Ecco! si infiamma ed arde proprio alla stessa guisa. Raccolgo un'altra goccia sovra questa lastra di vetro; e non appena avvicino il potassio voi riconoscete tosto dalla fiamma la presenza dell'acqua. Del pari, se colloco codesta lampada a spirito di vino sotto a questo vaso (fig. 21), lo vedrete ben presto inumidirsi per effetto della rugiada che vi si depone, essendo questa rugiada una conseguenza della combu-

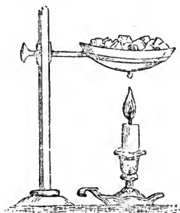


Fig. 20.

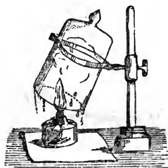


Fig. 21.

stione. Io credo che le goccie che non tarderanno molto a cadere sul foglio di carta steso sotto alla nostra campana, vi proveranno che la combustione della lampada produce buona quantità d' acqua. Lasciamola lì per ora, vedremo fra breve se vi sarà molt' acqua. Se ora mi rivolgo ad un becco di gaz e colloco superiormente ad esso qualche mescolanza frigorifica, otterrò dell' acqua — perchè l'acqua si produce anche mercè la combustione del gaz. Ecco una bottiglia contenente acqua — acqua distillata perfettamente pura, prodotta dalla combustione del gaz, — che per nulla differisce dall' acqua distillata che si ricava da

un fiume, dall'Oceano, da una sorgente. L'acqua è ovunque la stessa. Con un'abile disposizione, possiamo aggiungere per un certo tempo qualche cosa all'acqua, ovvero possiamo decomporla e ritrarne diverse materie: ma l'acqua rimane sempre la stessa, sia che si presenti allo stato solido, liquido o gazoso. Ecco acqua *(il professore mostra un' altra bottiglia)* prodotta dalla combustione d'una lampada ordinaria. Un litro d'olio, quando la combustione è conveniente, produce poco più d'un litro d'acqua. Questo è un altro saggio d'acqua prodotta, in seguito ad esperienza alquanto lunga, dalla fiamma d'una candela di cera. Potremmo continuare le esperienze con la maggior parte delle sostanze combustibili, e scoprire che producono sempre dell'acqua quando bruciano con fiamma. Nulla vi impedisce di fare voi pure codeste esperienze; un gran cucchiaio da minestra o qualsiasi altro oggetto dello stesso genere vi servirà all'uopo; e purchè sia ben netto e buon conduttore del calore, l'acqua vi si condenserà quando lo esporrete al disopra di una candela.

Ed ora — per entrare più addentro nell'istoria di questa meravigliosa produzione dell'acqua mediante i combustibili e la combustione — debbo dirvi anzitutto che l'acqua può esistere in condizioni diverse. Forse voi già la conoscete sotto tutte le sue forme; vi prego tuttavia di accordarmi un po' d'attenzione, onde assicurarvi che anche attraverso alle sue metamorfosi l'acqua rimane sempre la stessa, assolutamente e completamente la stessa, tanto se è prodotta da una candela quanto se è estratta dall'Oceano.

In primo luogo, ad una certa temperatura l'acqua passa allo stato di ghiaccio. Noi altri scienziati — mi piace ritenere che su questo punto siam tutti d'accordo — diamo lo stesso nome all'acqua, si presenti essa allo stato so-

lido, allo stato liquido od allo stato gazoso. Chimicamente parlando, essa è sempre acqua. L'acqua è un composto di due sostanze. Una di queste sostanze l'abbiam cavata dalla candela. Quanto alla seconda, la troveremo altrove. L'acqua può dunque offrirsi a noi sotto forma di ghiaccio, come spesso avete avuto occasione d'accorgervene durante quest'inverno. Il ghiaccio ridiventa acqua, — e recentemente abbiamo avuto un esempio improvviso di codesto cangiamento, quando cioè lo sgelo dei nostri serbatoi domestici produsse piccoli diluvii nelle nostre abitazioni, — il ghiaccio ridiventa acqua quando la temperatura si alza; l'acqua si cangia poi in vapore quando sia bastantemente riscaldata. L'acqua che vedete è giunta all'estremo grado di condensazione (il che succede quando la sua temperatura è di 4 gradi centigradi sopra lo zero, pari a 39. 2 F); e benchè possa variare di peso, di condizione, di forma, e sotto molti altri rapporti, la è sempre acqua, sia che mediante raffreddamento la trasformiamo in ghiaccio, sia che ricorrendo ad intenso calore la convertiamo in vapore. In questi due casi essa aumenta notevolmente di volume. Per darvi un esempio prendo questo cilindro di stagno, ci verso dentro un po' d'acqua — tanto poca che giudicherete facilmente da voi a quale altezza possa giunger nel vaso. Come vedete, l'acqua si trova a due pollici circa dal fondo. Convertirò quest'acqua in vapore per mostrarvi i differenti volumi occupati dall'acqua sotto le sue forme diverse.

Ora, poichè il nostro vapore non è peranco pronto, procuriamoci del ghiaccio. Basta perciò raffreddare dell'acqua in una mescolanza di sale e di ghiaccio pesto [1]. Il mio

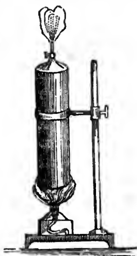
[1] Una mescolanza in parti uguali di sale e di ghiaccio pesto abbassa la temperatura da zero gradi centigradi a 18 gradi centigradi sotto lo zero. Durante l'intervallo il ghiaccio diventa fluido.

ghiaccio servirà a mostrarvi che l'acqua così trattata, acquista volume maggiore di quello che ha allo stato liquido. Queste bottiglie *(ne mostra una)* sono di ferro fuso, molto solide: credo che abbiano lo spessore di un terzo di pollice. Esse sono completamente piene d'acqua in guisa da escluderne l'aria, e sono poi turate ermeticamente mediante un turacciolo a vite. Vedremo che quando l'acqua si agghiaccerà in queste bottiglie, non saranno forti abbastanza per contenere il ghiaccio; la dilatazione le spezzerà in frammenti simili a questi *(ne mostra alcuni)*. I pezzi di ferro che vedete sono avanzi di bottiglie perfettamente simili a quelle che sto adoperando. Deporrò queste due bottiglie nella mescolanza di ghiaccio e sale, onde provarvi che, quando l'acqua si trasforma in ghiaccio, il suo volume aumenta in modo straordinario.

Ammirate frattanto il cangiamento operatosi nell'acqua che abbiamo sottomessa al calore; essa va perdendo il suo stato liquido. Due o tre circostanze ci permettono d'indovinarlo. Io ho coperta l'apertura di questo fiasco, in cui l'acqua sta bollendo, con un vetro da orologio. Che succede? Il vetro da orologio fa rumore, poichè il vapore dell'acqua bollente solleva il coperchio non appena ha forza bastante per fuggirsene. Potete accorgervi facilmente che il vapore empie già il fiasco, senza di che non potrebbe forzare l'escita. Vedete dunque che il fiasco contiene una sostanza ben più voluminosa dell'acqua, poichè essa non cessa di riempiere tutto il fiasco ad onta delle piccole nubi che ne scappano fuori; e tuttavia non si scorge che la quantità d'acqua abbia subita notevole diminuzione. Ciò prova quanto considerevole sia l'aumento di volume dell'acqua quando questa è convertita in vapore.

All'altra esperienza. Io ho collocate le nostre bottiglie di ferro contenenti acqua in questa mescolanza frigorifica,

affichè non vi rimanga dubbio su ciò che succede. Nessuna comunicazione, il vedete, può aver luogo fra l' acqua contenuta nelle bottiglie ed il ghiaccio che le circonda. Vi sarà però trasmissione di calore dall'una all'altra, e, se la nostra esperienza riesce, — la facciamo un po' troppo in fretta, — conto che fra breve, quando il freddo si sarà impossessato delle bottiglie e del loro contenuto, udremo una piccolo detonazione causata dalla rottura del metallo d' una delle bottiglie. Quando poscia esamineremo queste bottiglie, troveremo il loro contenuto convertito in una massa di ghiaccio ricoperto soltanto in parte dall'inviluppo di ferro; questo inviluppo cessò d'essere abbastanza ampio, poichè il ghiaccio esige maggior spazio dell'acqua. Voi sapete benissimo che il ghiaccio galleggia sull'acqua. Se un fanciullo sdrucciolando sul ghiaccio cade in un foro, egli cerca di risalire sopra uno strato di ghiaccio abbastanza forte per galleggiare sotto di lui. Ora perchè galleggia il ghiaccio? Pensateci e ragionate. Perchè il ghiaccio occupa maggior spazio che l'acqua che servì a produrlo, vale a dire che il ghiaccio è più leggero e l'acqua è più pesante.


Fig. 22.

Ritorniamo all'azione esercitata dal calore sull'acqua. Osservate qual getto di vapore sfugge dal nostro cilindro di stagno (fig. 22). Bene inteso, che se non fosse completamente pieno, ei non emetterebbe vapore in tanta quantità. Come convertiam l' acqua in vapore mediante il calore, così possiam ricondurla alla sua forma primitiva mediante il freddo. Se prendiamo un vetro o qualsiasi altro oggetto freddo, e lo

teniamo al disopra di codesto vapore, vedrete che il vetro divien tutto umido, — il vetro condensa il vapore fino a che si è riscaldato, e lo condensa tanto bene che l'acqua rigenerata cola lungo gli orli. Tenterò una nuova esperienza onde mostrarvi con quanta facilità l'acqua si condensa e passa dallo stato gazoso allo stato liquido. Voi avete già veduto il vapore, uno dei prodotti della candela, condensarsi al basso d'un vaso e formarvi una goccia d'acqua. Per provarvi che questi cangiamenti si effettuano anco in grande, prenderò codesto cilindro di stagno, che ora è ripieno di vapore, e lo turerò. Vedremo cosa accadrà quando obbligherò quest'acqua o questo vapore a ridiventare liquido versando acqua fredda all'esterno del cilindro. *(Il professore versa acqua fredda sul vaso di stagno le cui pareti cedono tosto e si incurvano)* (fig. 23). Voi vedete l'effetto dell'operazione.



Fig. 23

Se avessi turato il cilindro e continuato a riscaldare la mia acqua, il cilindro tosto o tardi sarebbe scoppiato. Invece quando il vapore ridiventa liquido, i fianchi del vaso cedono, poichè la condensazione di questo vapore ha lasciato un vuoto nell'interno. Quest'esperienze hanno lo scopo di indicarvi che in tutte queste trasformazioni l'acqua non è mai cangiata in altra cosa che l'acqua rimane sempre acqua, qua-

lunque nome le si dia. Condensandosi, essa ha permesso allo stagno di schiacciarsi parzialmente; nel caso contrario, se cioè avessi continuato a sviluppare vapore sotto l'influenza del calore, il vaso sarebbe scoppiato.

E sapete quale sia il volume di quest'acqua, quand'essa passa allo stato di vapore? Vedete questo cubo. *(Il professore indica un piede cubico)*. A fianco c'è un altro cubo assai più piccolo, un pollice cubico (fig. 24). Entrambi hanno la stessa forma, quella d'un dado da giuocare più o men grande. Ebbene, un pollice cubico d'acqua può svilupparsi tanto da fornire un piede cubico di vapore; e, viceversa, questa considerevole quantità di vapore può condensarsi in maniera da non riempiere, sotto forma di liquido, che lo spazio rappresentato da un pollice cubico. *(In quest'istante scoppia una delle bottiglie di ferro)*. Ah! ecco una delle nostre bottiglie che parla, e vedete che lungo uno dei suoi lati essa presenta una fenditura larga un ottavo di pollice all'incirca. *(Ora scoppia la seconda bottiglia, disperdendo in ogni senso la mescolanza frigida da cui era circondata)*. Bravo! L'altra bottiglia non ha resistito di più. Il ghiaccio interno ne ruppe ora il metallo, sebbene avesse mezzo pollice di spessore. Queste cose succedono continuamente ove trovasi acqua, e non sempre è mestieri ricorrere a mezzi artificiali onde provocare codesti cangiamenti. Io mi sono servito di questi mezzi perchè si trattava di produrre un inverno passeggiero intorno a questa piccola bottiglia e non un inverno lungo e crudo. Ma se mai andate al Canadà o nelle regioni del Nord, scoprirete tosto che la temperatura, fuori di

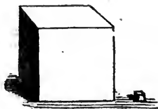


Fig. 24.

casa, agirà alla stessa guisa di questa mescolanza frigorifica.

Ritorniamo ai nostri ragionamenti. Dopo quanto abbiamo veduto, non ci lasceremo più ingannare dai cangiamenti che subisce l'acqua. L'acqua è sempre la stessa ovunque la trovate, tanto se è prodotta dalla fiamma d'una candela quanto se è attinta dall' Oceano. Ma dunque dov' è quest' acqua che ricaviamo dalla candela? Evidentemente essa proviene, almeno in parte, dalla candela; ma esisteva essa forse nella candela? No. Essa non esiste nella candela e neppure nell'aria che circonda la candela, aria che è pur necessaria alla combustione. Essa non esiste nè nell'una nè nell'altra; ma proviene dell'azione riunita di queste due cose. Questa è la duplice azione di cui noi vogliamo seguire ora le tracce per comprendere perfettamente l'istoria chimica della candela, che ci vediamo bruciare davanti. In qual modo s' ha da scoprire il mistero di questo lavoro? Io com'io ne conosco molti dei modi, ma desidero che voi arriviate a rendervene conto da voi medesimi coll'aiuto di quanto v'ho già detto, cavando una serie di conclusioni da ciò che già sapete.

Credo avere alle mani qualche cosa che ci metterà sulla via. Poco fa ho adoperato il potassio (vedi pag. 60), sostanza che agisce sull'acqua nella maniera indicataci da sir Humphry Davy, e che vi richiamerò alla memoria ricominciando l'esperienza in questo piatto. È una sostanza che devo maneggiare con precauzione, poichè se una goccia d'acqua cadesse su questa massa, ne infiammerebbe tosto una parte, e se ci fosse libero accesso all'aria la abbrucierebbe tutta. Questo potassio è un metallo bello e brillante che cangia rapidamente nell'atmosfera e non meno rapidamente nell' acqua, come ve ne siete già avveduti. Ne colloco dunque un pezzo sopra quest' acqua ove for-

merà una bella lampada galleggiante. D' altro canto se gettiamo nell'acqua un po'di limatura di ferro, essa pure si altererà. Non cangia quanto il potassio, ma pure anch'essa cambia aspetto; arruginisce, provandoci così che agisce sull'acqua, benchè con minore intensità del bel metallo che vedete. Desidero che ravviciniate nella vostra mente questi singoli fatti. Ho qui vicino un altro metallo, del zinco. Quando abbiamo esaminato questo metallo relativamente alla sostanza solida prodotta dalla sua combustione, abbiamo avuta occasione di vedere ch'esso può ardere. Se prendo questa striscia di zinco e la espongo alla fiamma della candela, vedrete qualche cosa che, per così dire, terrà il mezzo fra la combustione del potassio sull' acqua e l' azione del ferro; — riconoscerete che è una specie di combustione. Il metallo ha bruciato, lasciando una cenere bianca, un residuo; questo fatto ci dimostra che anche questo metallo esercita una certa azione sull' acqua.

Poco a poco abbiamo scoperto in qual modo si può modificare l'azione di queste varie sostanze ed obbligarle a raccontarci quel che desideriamo sapere. Per incominciare riprendiamo il ferro. Nella maggior parte delle reazioni chimiche, quando otteniamo un risultato di questo genere, noi riconosciamo che il calore aumenta l'effetto prodotto; e se vogliamo esaminare minuziosamente e con tutta cura l'azione dei corpi gli uni sugli altri, dobbiam renderci conto assai sovente della parte che vi prende il calore. Sapete, io credo, che la limatura di ferro arde a meraviglia nell'aria; ma io voglio dimostrarvelo con una nuova esperienza, che imprimerà nella vostra mente quanto sto per dirvi intorno all'azione del ferro sull'acqua. Prendo una fiamma e la rendo cava — non ignorate che la rendo cava perchè voglio darle aria, — vi getto poscia un po' di

limatura di ferro, e vedete quanto bene essa brucia nella fiamma in cui la lascio cadere. Codesta combustione è il risultato dell'azione chimica che ha luogo quando diamo fuoco a queste molecole. Ci occuperemo adunque di questi varii effetti, ed apprenderemo come si comporta il ferro quando incontra l'acqua. Quest'istoria ce la racconterà egli stesso, il ferro; e lo farà tanto gentilmente, tanto gradatamente e regolarmente che suppongo vi piacerà assai (fig. 25).

Qui ho un fornello attraversato da un tubo di ferro al-

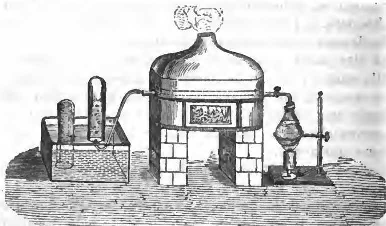


Fig. 25.

quanto simile ad una canna da fucile. Ho empito questa canna di limatura di ferro molto brillante, e ho disposto la canna traverso al fuoco onde riscaldarla al calor rosso. Potremo mandare nel tubo aria o vapore a piacere. Il vapore verrà da questa piccola caldaia, e qui abbiamo un robinetto d'arresto che ne impedirà il movimento fino all'istante in cui ci piacerà mettere il vapore a contatto col ferro. Codesti fiaschi di vetro contengono acqua, acqua ch'io ho colorata in azzurro onde possiate meglio distinguere ciò che sta per succedere. Ora, sapete benissimo che se facessi passare del vapore nel-

l'acqua traverso questo tubo, il vapore si condenserebbe, poichè avete veduto che il vapore raffreddato non rimane allo stato gazoso. Vi ricorderete inoltre come ei siasi abbassato in modo da non più occupare che un piccolo spazio, permettendo alle pareti di questo cilindro di deprimersi parzialmente. *(Il professore mostra il vaso di stagno da lui adoperato in un'esperienza precedente).* Se dunque mandassi del vapore traverso questo tubo, esso si condenserebbe, purchè il tubo fosse freddo. Ho dunque riscaldato il nostro tubo per farlo servire alla mia sperienza. Manderò ora del vapore in piccole quantità traverso il tubo, e voi stessi giudicherete, vedendolo escire dall'altra estremità, se esso si condensa o no. Per condensare il vapore, per ricondurlo allo stato liquido, basta abbassare la temperatura ; ma io avrei un bell' abbassare la temperatura del gaz che ora ho riunito in questo vaso facendo passare nell'acqua il gaz alla sua uscita dal tubo, esso non cangerebbe stato. Sottoporrò il mio gaz ad un'altra prova. Capovolgo il vaso, altrimenti il mio gaz scapperebbe ; accosto alla bocca un lume ed il contenuto si incendia con leggero rumore. Non c'è bisogno d'altro per provarvi che esso non è vapore ; — il vapore, lungi dall'ardere, spegne il fuoco, ed il contenuto di questo vaso si è acceso. Questa sostanza la troviamo nella fiamma della candela ; ora vi ho mostrato che si può produrla con altri mezzi. Quando la si ottiene mercè l' azione che il ferro esercita sul vapore acqueo, il ferro impiegato rimane in uno stato alquanto simile a quello della limatura che abbiamo bruciata. Il ferro diventa più pesante di quello ch'egli fosse prima dell'operazione. Fino a che il ferro rimane nel tubo, fino a che lo si riscalda e lo si lascia raffreddare senza metterlo a contatto nè con l'aria nè coll'acqua, il suo peso non varia ; ma il passaggio di questa corrente di vapore lo ha reso più pesante, — dunque

esso ha pigliato qualche cosa dal vapore, e d'altra parte qui vediamo qualche cosa ch'esso ha lasciato fuggire. Questo secondo vaso è già pieno ; esso mi permetterà di fare un'esperienza interessantissima. Il gaz uscito da quel tubo è combustibile, lo sappiamo, e facile mi riescirebbe il provarvelo dandovi fuoco immediatamente ; ma desidero, se posso, provarvi qualche cosa di più. Questo gaz combustibile è una sostanza leggerissima. Il vapore si condensa ; il corpo che vedete si alzerà nell'aria, ma non può condensarsi.

Piglio ora un secondo vaso di vetro contenente soltanto aria (fig. 26); lo esamino con un lume per accertarmi che realmente esso non contiene altro che aria. Ora piglio in mano questo vaso pieno del gaz di cui vi dicevo, e che tratterò come se fosse un liquido. Capovolgo i miei due vasi, poscia raddrizzo dolcemente quello contenente il gaz tratto dal vapore. L'altro conteneva soltanto aria, — cosa contiene adesso? Un gaz infiammabile che vi ho versato ora, e che merita tanto maggiormente di fissare la vostra attenzione, in quanto che è uno dei prodotti della candela.


Fig. 26.

Ora, codesta sostanza che abbiam preparata mercè l'azione del ferro sul vapore, noi possiamo ottenerla da altri corpi che avete veduto agire tanto bene sull'acqua. Se impiego un pezzo di potassio e prendo le disposizioni opportune, esso produrrà questo gas. Se in luogo del potassio mi servo dello zinco, scopro, dopo un attento esame, che il motivo principale che impedisce quest'ultimo metallo di agire sull'acqua in modo tanto continuo quanto il primo, si è che l'azione dell'acqua ha per effetto di coprire lo zinco d'una specie di strato protettore.

Perciò abbiamo osservato che non collocando che zinco ed acqua nel vaso, la loro riunione non produce molto effetto. Ma supponiamo ch'io faccia sciogliere codesto intonaco, — questa sostanza imbarazzante della quale posso liberarmi con un poco d'acido, — mi accorgo allora che lo zinco agisce sull'acqua assolutamente alla stessa guisa del ferro, ma alla temperatura ordinaria. L'acido non è in nessun modo alterato, fuorchè nella sua combinazione con l'ossido di zinco che si è prodotto. Ho versato l'acido nel vaso ed ho ottenuto lo stesso risultato come se avessi provocata l'ebullizione con l'applicazione del calore. Ecco qualche cosa che sfugge abbondantemente dallo zinco, qualche cosa che non è vapore. Questo vaso non è già pieno, e non tarderete a vedere che qui, in questo vaso capovolto, ho una sostanza combustibile assolutamente simile a quella fornitami dall'esperienza sul tubo arroventato. Quest'è ciò che ricaviamo dall'acqua, quest'è ciò che si trova nella candela.

Cerchiamo ora di ben distinguere i rapporti che esistono fra questi due punti. Questo gaz è idrogeno, — corpo classificato fra quelli che noi chimici chiamiamo *elementi* poichè non si può ricavarne nient'altro. Una candela non è un corpo elementare, poichè ci ha fornito carbonio ed idrogeno, od almeno l'acqua che produce codesto gaz. Il vocabolo *idrogeno* è tratto da due parole greche, — *idro*, acqua, e *geno*, io genero; fu così battezzato, poichè combinato con un altro elemento esso genera l'acqua.

Siccome il mio preparatore ha già potuto raccogliere due o tre flaschi di codesto gaz, così li metterò a profitto; poichè voglio mostrarvi il mezzo migliore per fare queste sperienze. Non temo di darvi l'esempio, anzi vi invito a seguirlo, — bene inteso con tutte le precauzioni necessarie, e dopo aver chiesto ed ottenuto il con-

senso dei vostri superiori. Ad ogni nuova cognizione di chimica che acquistiamo, c' incontriamo in sostanze tutt'altro che inoffensive a chi non sappia farne uso prudente. Gli acidi, il calore, i combustibili di cui ci serviamo, possono diventare pericolosi fra mani poco caute od inesperte.

Se volete fabbricarvi dell' idrogeno, ci riescirete facilmente, purchè abbiate a vostra disposizione dei pezzi di zinco e dell' acido solforico o dell' acido muriatico. Ecco (fig. 27) ciò che altre volte dicevasi *lampada filosofica*. È una

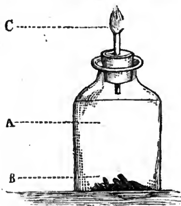


Fig. 27.

bottiglia chiusa da un turacciolo traversato da un tubo. Depongo nella bottiglia alcuni frammenti di zinco. Questo piccolo strumento ci sarà utilissimo nelle nostre dimostrazioni; poichè desidero insegnarvi a preparare l' idrogeno, ed a fare a casa vostra delle sperienze con questo gaz, purchè vi sia permesso e vi diverta. Devo dirvi prima di tutto per qual motivo io mi dò tanta cura di assicurarmi che nel tempo stesso la mia bottiglia sia quasi piena e non sia completamente piena. Uso questa precauzione poichè il gaz che si forma è assai combustibile

e si infiamma ad una considerevole estensione quando si mescola coll'aria. Potrebbe dunque accadere qualche disgrazia avvicinando un lume all'estremità del tubo prima che tutta l'aria sia stata espulsa dallo spazio che si trova fra l'acqua ed il turacciolo. Ora verserò il mio acido solforico. Ho impiegato assai poco zinco e maggior quantità d'acido solforico e d'acqua, poichè voglio far durare a lungo l'esperienza. Bado quindi a modificare le proporzioni dei miei reagenti onde ottenere un risultato regolare, onde il gaz non si formi nè troppo presto nè troppo lento. Piglio un bicchiere, lo capovolgo e lo tengo al disopra del mio tubo; attesa la leggerezza dell'idrogeno, calcolo che una volta entratovi, vi rimarrà qualche tempo. Tentiamo. Credo non ingannarmi asserendo che ne abbiam pigliato alquanto. *(Il professore accosta un lume al bicchiere)*. Vedete che c'è... si accende! Ecco l'idrogeno che arde. Ecco la nostra lampada filosofica. È una debole, pallida fiamma, è vero, ma così calda che nessun' altra fiamma ordinaria è capace di emettere altrettanto calore. Mentre essa arde regolarmente, la sottometteremo a certe prove, onde esaminare i risultati, e trarre partito da quanto potremo imparare. La candela produce acqua, e questo gaz deve all' acqua la sua origine; vediamo dunque cosa ci darà questa bottiglia, con lo stesso processo di combustione che la candela che arde nell' aria. Per istruirmi a questo riguardo, colloco la mia lampada sotto a questo apparecchio (fig. 28) allo scopo di condensarvi quanto si produrrà colla combustione. In breve vedrete il cilindro inumidirsi internamente, poscia l'acqua colerà lungo le sue pareti, e quest' acqua proveniente dalla fiamma dell' idrogeno avrà assolutamente lo stesso effetto di qualsiasi altra sopra i nostri reagenti, essendo formata con lo stesso processo generale dei casi precedenti. Co-

desto gaz idrogeno è una sostanza assai graziosa. Esso è sì leggero che solleva altri corpi. È assai più leggero dell'atmosfera,

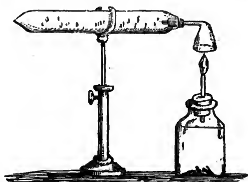


Fig. 28.

l' atmosfera, e credo potervelo provare mediante un' esperienza che voi pure, se siete abili, potrete ripetere. Ecco il nostro generatore d'idrogeno, ed ecco acqua saponata. Inoltre ho qui un tubo di gomma elastica, il quale comunica coll'idrogeno e termina con un tubo da pipa turca (fig. 29).



Fig. 29

Per tal modo posso introdurre nell'acqua saponata la mia pipa, e soffiar bolle mercè lo sviluppo del gaz idrogeno. Voi vedete come le bolle ricadono a terra quando le formo col mio fiato; notate invece la differenza quando le riempio di

idrogeno ; *(Il professore forma, soffiando traverso il gaz, delle bolle che salgono fino al soffitto dell'anfiteatro).* Ciò vi prova quanto sia leggero questo gaz ; ei solleva non solo una ordinaria bolla di sapone, ma anche la maggior parte d'una grossa goccia d'acqua che vi si era attaccata. Posso fornirvi una prova ancor migliore della leggerezza di questo gaz. Si sollevano senza fatica bolle ben più grosse di quelle che ora avete vedute ; anzi questo gaz serviva un tempo a riempiere i palloni aereostatici. Il mio preparatore avrà la compiacenza di congiungere questo tubo al nostro generatore, ed avremo a nostra disposizione una corrente di idrogeno che ci permetterà di caricarne codesto pallone che è fatto di collodio. Non è necessario ch'io prenda ogni precauzione per scacciarne tutta l'aria, so che il gaz avrà forza di sollevarlo. *(Si gonfiano due palloni, fatti di collodio, e si lasciano salire: l'un d'essi rimane prigioniero mediante una funicella).* Qui c'è un altro pallone di maggior dimensione formato di sottile membrana; lo riempiremo del pari e lo lasceremo andare a suo capriccio. Vedremo che entrambi galleggieranno nell'aria fino a che il gaz ne sia tutto fuggito.

Quale è dunque il peso delle sostanze di cui ci occupiamo? Un litro d' idrogeno pesa soltanto 89 millesimi di grammo, mentre la stessa quantità d' acqua pesa mille grammi. Vedete che fra l'acqua e l'idrogeno corre, rapporto al peso, differenza grandissima.

L' idrogeno non dà origine ad alcuna sostanza capace di solidificarsi, sia durante, sia dopo la combustione; quando abbrucia, produce unicamente acqua, e collocando un vetro freddo al disopra della fiamma, il vetro si inumidisce in guisa che si forma tosto dell'acqua in quantità apprezzabile; la combustione dell' idrogeno non produce altro che acqua simile a quella fornitaci dalla

fiamma della candela. Importa rammentare che l'idrogeno è la sola sostanza che con la sua combustione non fornisca altro prodotto che l'acqua.

Cerchiamo ora di scoprire qualche nuova prova del carattere generale della composizione dell' acqua. Vi tratterrò due o tre minuti di più: così sarete meglio in grado di studiare la questione, la prossima volta che ci rivedremo. Noi possediamo il mezzo di trattare lo zinco che avete veduto agire sull'acqua coll'assistenza di un acido, in modo tale da obbligarlo a produrre tutto il suo effetto in quel punto che desideriamo. Io ho qui dentro una pila voltaica (fig. 30) della quale mi limiterò a mostrarvi la natura e la

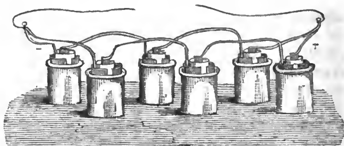


Fig. 30.

potenza, prima di terminare il mio discorso. Almeno avrete veduto l'apparecchio che impiegheremo nella nostra prossima riunione. Tengo qui le estremità dei fili metallici che mi permettono di trasportare davanti a me la potenza che mi sta di dietro, e che farò agire sull' acqua.

Abbiamo già veduto qual forza di combustione risieda nel potassio, nello zinco, nella limatura di ferro, ma nessuno di questi metalli possiede tanta energia quanta la pila di Volta. *(Il professore mette a contatto i due fili estremi della batteria e produce una luce brillante).* Codesta luce proviene, in fatto, da una sorgente di combustione quaranta

volte più potente dello zinco. È una forza che conduco ove voglio a mio talento mediante questi fili metallici, e tuttavia, se inavvertitamente la mettessi a contatto colla mia persona, questa forza mi ucciderebbe sul fatto, poichè è d'un'intensità formidabile. La forza che si manifesta qui mentre voi contate fino a cinque *(il professore mette i due poli a contatto e ne fa scaturire la luce elettrica)* equivale a quella di parecchi temporali [1]: tanto grande è questa forza! Onde darvi prova visibile della sua energia, ravvicinerò di bel nuovo le estremità dei fili metallici che attingono codesta forza dalla batteria, e sarà capace di abbruciare questa lima di ferro. Questa è una forza chimica. Quando ci rivedremo, la applicherò all'acqua, e vi mostrerò gli effetti ch'essa produce.

---

[1] Il professore Faraday calcolò che la quantità d'elettricità necessaria per decomporre un decigrammo d'acqua eguaglia quella d'una folgore molto vivace.

LETTURA QUARTA.

Idrogeno della candela — ardendo si trasforma in acqua — le altre parti dell' acqua — ossigeno.

Mi accorgo con piacere che non siete stanchi di studiare la nostra candela; se l'argomento non vi interessasse non vi vedrei ritornare così numerosi e così attenti ad ascoltare. Abbiamo scoperto che ardendo, la nostra candela produce acqua assolutamente simile all'acqua ordinaria; un attento esame ci mostrò poscia che l'acqua contiene lo strano gaz che chiamasi idrogeno, un saggio del quale è contenuto in questo vaso. Poscia abbiamo scoperto che l'idrogeno s'infiamma facilmente e produce acqua. Sembrami avervi anche presentato un apparecchio che permette di riunire alle estremità di questi fili metallici certa forza chimica molto energica. Ho detto che mi servirei di questa forza per decompor l'acqua, per vedere cos'altro contenga l'acqua oltre all'idrogeno; poichè, se ben vi rammentate, quando abbiamo fatto passare il vapore traverso il tubo di ferro, non s'è ottenuto di ritorno un peso d'acqua eguale a quello che vi era stato introdotto in forma di vapore, benchè siasi sviluppata una grande quantità di gaz. Trattasi adunque di studiare quale è l'altra sostanza esistente nell'acqua. Affinchè ben comprendiate il carattere e l'uso di questa batteria voltaica, tenteremo ora un paio d'esperienze. Raduniamo in pri-

mo luogo alcune sostanze conosciute, e notiamo l'effetto che questo strumento produrrà sovr'esse. Qui c'è rame, e qui acido nitrico. Quest'ultimo esercita un'azione chimica tanto potente che versandolo sul rame, sviluppa un bel vapor rosso. Visto però che quest'ingrato odore non ci è necessario, il mio preparatore terrà la mescolanza presso al camino per alcuni minuti, e così potremo continuare senza inconvenienti una esperienza interessante ed istruttiva. Il rame che ho messo nel fiasco si scioglierà; esso cangerà l'acido e l'acqua in un fluido azzurro che conterrà del rame mescolato ad altre sostanze; voglio mostrarvi in qual modo la batteria voltaica agirà su questo fluido. Frattanto prepareremo un'esperienza che vi porrà in grado di giudicare della potenza della nostra batteria. Ecco un liquido che rassomiglia all'acqua pura, — ma contiene una sostanza che ancora non conosciamo. Verso sopra un foglio di carta questa soluzione di sale [1] e la distendo; vi applicherò poscia la potenza sviluppata dalla mia batteria. State attenti a due o tre cose che succederanno allora e dalle quali trarremo partito. Intanto io colloco questa carta bagnata sopra un foglio di stagno; questa precauzione impedirà alla carta di imbrattarsi e faciliterà l'applicazione della forza chimica che voglio far agire. Vedete che stendendo una soluzione sulla carta e sullo stagno, non l'ho per nulla alterata, e non l'ho messa a contatto con alcun oggetto capace di alterarla: per conseguenza possiamo tentare sovr'essa l'effetto della batteria. Ma prima di tutto esaminiamo se la batteria è in

[1] Una soluzione d'acetato di piombo sottomessa all'azione d'una corrente voltaica produce piombo al polo negativo e perossido di piombo al polo positivo. Una soluzione di nitrato d'argento, nelle stesse condizioni, produce argento al polo negativo e perossido di argento al polo positivo.

ordine. Ecco i nostri fili conduttori. Assicuriamoci se tutto è in buono stato come l'altra sera. Fino ad ora, ho un bel ravvicinare i miei due fili, rimangono impotenti, poichè le vie per le quali deve passare l'elettricità, sono chiuse. Ah! il mio preparatore mi dirige un telegramma luminoso che mi annuncia tutto essere in ordine. Prima d'incominciare la mia esperienza, lo pregherò di nuovamente intercettare le comunicazioni, e poseremo traversalmente un filo di platino onde riunire i due poli. Se riconosco che posso rendere incandescente una certa lunghezza di questo filo di platino, non avrò alcun timore che l'esperienza fallisca. Vedrete la potenza di questa batteria. *(La comunicazione è stabilita fra i due poli, ed il filo intermediario divien rosso).* Questa è la forza elettrica che passeggia traverso il platino: del quale ho impiegato un filo alquanto sottile, onde meglio mostrarvi l'energia di questo agente che ci permetterà d'analizzare l'acqua.

Qui ho due pezzi di platino [1]; se li colloco su questo umido foglio di carta distesa sullo stagno, non si manifesta alcun cambiamento, tutto rimane assolutamente nel medesimo stato; non vi è azione. Se prendo l'uno o l'altro di questi poli, e li colloco separatamente sulle piastre di platino, ancora non ottengo nessun risultato. Ma la cosa è ben diversa quando li ricongiungo. Vedete! *(Un punto bruno si manifesta sotto ciascun polo della batteria).* Ammirate l'effetto che si manifesta. Si è ricavato alcun che di bruno

[1] Il platino, nome che deriva dallo spagnuolo *platina*, piccolo argento, non è conosciuto in Europa che dal 1740. Questo metallo dopo malleato è bianco quasi come l'argento, è senza sapore nè odore. Lo stesso Faraday consacrò al platino una lezione molto interessante che riprodurremo in altro volume.

dalla mia soluzione, ed è rimasta una traccia sulla carta bianca. Io credo anzi che disponendo il mio foglio a questo modo ed applicando uno dei poli dietro allo stagno, troverò mezzo di scrivere sulla carta. Voglio tentare d'emanciparmi dalla penna e dall'inchiostro — un telegramma, se vi piace! *(Il professore traccia sulla carta la parola* « giovinezza » *mediante uno dei fili elettrici).* Ecco in verità un bel risultato.

Voi riconoscete dunque che dalla mia soluzione ho ricavata una materia che non conoscevamo. Prendiamo ora questa bottiglia che il mio preparatore mi offre e cerchiamo cosa si possa estrarne. Essa contiene, come sapete, un liquido che poc'anzi, mentre eravamo occupati colle altre sperienze, abbiam formato con rame ed acido nitrico. Confesso che questo si chiama lavorare un po'in fretta, e si arrischia di non riescire; tuttavia preferisco mostrarvi il modo con cui procedo, anzichè far prima tutti i miei preparativi.

Vedete ora ciò che avviene. Queste due piastre di platino formano o formeranno fra breve le estremità di codesto apparecchio (fig. 31); le metto a contatto di questa soluzione, come abbiam già fatto dianzi con quella che trovavasi stesa sulla carta. Poco importa che essa si trovi sopra un foglio di carta od in una bottiglia, purchè ci sia possibile ravvicinare i conduttori della batteria. Se vi immergo le due piastre di platino isolatamente, potrò ritrarnele poscia tanto bianche e tanto pulite quanto lo erano prima, non appena applichiamo la nostra forza elettrica *(il professore ristabilisce la comu-*

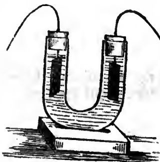


Fig. 31.

nicazione fra la batteria ed i pezzi di platino e li immerge di bel nuovo nella soluzione), l'una delle due piastre, come vedete, accenna volersi trasformare ben presto in un altro metallo. Non lo pigliereste per rame? L'altra è rimasta netta come prima. Cambiandole di posto, il rame dalla diritta passerà alla sinistra. La piastra ramata esce bella e bianca dalla bottiglia, e quella che prima era bianca trovasi ricoperta da uno strato di rame. Quest'esperienza vi mostra che mediante il nostro strumento si riesce a sottrarre il rame che avevamo messo nella soluzione.

Mettiamo da parte questa soluzione e cerchiamo l'effetto che la batteria avrà sull'acqua. Ecco le due piccole pia-

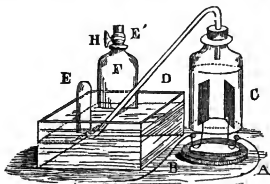


Fig. 32.

stre con cui intendo terminare le due estremità della batteria, e qui abbiamo (fig. 32) un piccolo vaso (C) costrutto in modo che posso smontarlo, per meglio spiegarvi in qual maniera è costrutto. Io verso nei due incavi (A e B) un po' di mercurio che bagna i fili messi da me in comunicazione con le piastre di platino. Nel vaso poi (C) verso dell' acqua contenente un po' di acido (che aggiungo al solo scopo di rendere più pronta l' azione). In sommità del vaso ho fissato un tubo ricurvo di vetro

(D) che certo vi rammenta quello di cui ci siamo serviti nel nostro esperimento con la canna da fucile. Questa volta, l'estremità inferiore del mio tubo passa sotto ad un vasetto (E). Ora che l'apparecchio è all'ordine, cercheremo d'agire in qualche modo sull'acqua contenutavi. In una precedente esperienza ho mandata l'acqua traverso un tubo arroventato; oggi farò passare l'elettricità traverso il contenuto di questo vaso. Forse l'acqua si metterà a bollire. In tal caso darà vapore, e sapete che il vapore, quando sia raffreddato, si condensa; potrete dunque con tutta facilità giudicare se l'acqua ha bollito. Può anche darsi che in luogo dell'ebullizione si produca un altro effetto. Lo vedremo tosto. Colloco da questa parte (A) uno dei fili conduttori; l'altro filo, dall'altra (B). Esaminiamo se l'acqua si riscalda. Pare che bollisca stupendamente; ma poi bolle davvero? Osserviamo se quanto ne esce è veramente vapore. Io credo che il vasetto (E) non tarderà a riempirsi di vapore, semprechè sia vapore ciò che si svolge da quest'acqua. E possibile che sia vapore? Evidentemente no; il vapore non rimarrebbe lì al disopra dell'acqua senza condensarsi. Non può esser altro che un gaz permanente. Sarebbe forse idrogeno? Obblighiamolo a dirci il suo segreto. Se è idrogeno arderà. *(Il professore accende* (fig. 33) *una porzione di gaz che arde producendo un'esplosione).* Vi ha combustione è vero, ma combustione che non rassomiglia a quella dell'idrogeno. Il gaz idrogeno avrebbe data luce dello stesso colore di quella che avete ora veduta, ma non avrebbe prodotto questo romore d'esplosione. D'altra parte questi può ardere anche senza contatto coll'aria. Ecco perchè ho scelto quest'altro genere d'apparecchio per meglio indicarvi le circostanze particolari che distinguono quest'esperienza. In luogo d'un vaso aperto, ho preso un fiasco chiuso. Voglio

provarvi che questo gaz, qualunque esso sia, può ardere senz'aria e che sotto a questo rapporto differisce dalla candela. Ecco come si procede: qui (fig. 34) ho un vaso di vetro (G) cui sono attaccati due fili di platino (IK) i quali mi permetteranno di applicare l'elettricità. Prendiamo dunque questo vaso, collochiamolo sopra una pompa pneumatica e priviamolo dell' aria che contiene. Fattovi il vuoto, tra-

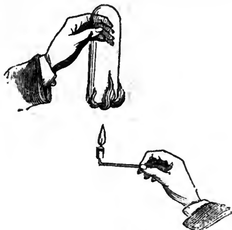


Fig. 33.

sportiamo il nostro vaso ed addattiamolo nuovamente al fiasco (vedi fig. 34) onde introdurvi un po' di quel gaz prodotto dall'azione della batteria voltaica sull'acqua, o per meglio dire, un pò' di quel gaz nel quale si è convertita l'acqua. Abbiamo non solo modificate le condizioni della nostra acqua, ma l'abbiamo realmente tramutata in una sostanza gazosa, ed abbiamo qui tutto il liquido che fu decomposto dall' esperienza. Dopo aver avvitato questo vaso (GH) su questa parte (E') del mio primo apparecchio, in guisa da metterli in comunicazione, apro i robinetti (HH) e vedrete, esaminando il livello dell' acqua (F), che il gaz ascende. Chiudo ora i

robinetti; poichè ho lasciato entrare tanto gaz quanto può contenerne la camera, e l'aumentarne la dose sarebbe pericoloso. Ora caverò una scintilla elettrica da questa bottiglia di Leida (L) e la manderò lì dentro; e subito dopo, il vaso cesserà d'essere chiaro e brillante com'è ora. Non vi sarà romore perchè il vetro è bastante-

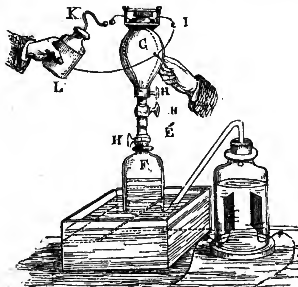


Fig. 34.

mente solido per reggere all'esplosione. *(Una scintilla passa nel vaso, e vi infiamma la mescolanza esplosiva)*. Avete ammirata questa viva luce? Se io avvito di bel nuovo il mio vaso sul fiasco e riapro i robinetti, il gaz vi sale una seconda volta. La scintilla elettrica ha bruciata la prima provvigione, il posto è vacante, per modo che nuovo gaz si affretta naturalmente a riempiere il vuoto. Se ricominciamo l'operazione *(il professore ripete l'esperienza)*, si farà un nuovo vôto come lo proverà l'ac-

qua che vedrete salire. Ho sempre un vaso vuoto dopo l'esplosione, giacchè il vapore o gaz in cui l'acqua fu disciolta per via della batteria, produce esplosione, mercè l'intervento della scintilla, e si trasforma in acqua. Ben presto vedrete alcune gocce colare lungo le pareti del vaso superiore e riunirsi al basso.

L'atmosfera non c'entra per nulla nella prova cui abbiam ora sottoposta l'acqua. Nella candela, l'acqua ricavatene si era formata in parte grazie all'atmosfera; ma qui l'abbiam prodotta senza il soccorso dell'aria. Dunque l'acqua deve contenere quest'altra sostanza che la candela ricava dall'aria, e che, combinata all'idrogeno, produce l'acqua.

Poco fa avete veduto che una delle estremità di questa batteria si è impossessata del rame contenuto nella nostra soluzione azzurra; e ciò era effettuato da questo filo elettrico. Se la batteria esercita un effetto sì potente sopra una soluzione che abbiamo composta e scomposta, possiamo credere ch'essa ci fornirà anche il mezzo di separare le varie parti di cui è composta l'acqua. Lasciate ch'io prenda i due poli — le estremità metallche di questa batteria — per vedere quale azione eserciterà il loro contatto sull'acqua contenuta in quest'apparecchio, al qual apparecchio applicheremo i nostri due conduttori ad una certa distanza l'un dall'altro. Colloco qui (A) il primo, e di faccia (B) il secondo (fig. 35). Qui ho due tavolette foracchiate che posso collocare al disopra di ciascun polo e disporre in guisa, che qualunque cosa sfugga dai due estremi della batteria deva comparire sotto forma di gaz isolati; poichè avrete ormai riconosciuto, che l'acqua non si riduce in vapore ma si trasforma in gaz. Ora che i fili si trovano in perfetta comunicazione coll'apparecchio contenente l'acqua, voi vedete le bollicine che si innalzano. Raccogliamo queste bollicine ed esaminiamole. Ecco un cilindro di vetro (O);

lo colmo d'acqua e lo colloco sopra una estremità della pila; poscia riprendo un secondo cilindro (I) che colloco sull'altra estremità. Così abbiamo formato un doppio apparecchio, ciascun estremo del quale fornisce gaz. Questi due cilindri si riempiranno di gaz. Attenti che l'operazione incomincia. Il cilindro a dritta (I) s'empie assai presto, quello di sinistra (O) meno rapidamente; e sebbene io abbia lasciato sfuggire alcune bollicine, tuttavia si produce una azione bastantemente regolare. Se uno dei due cilindri non

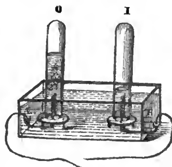


Fig. 35.

fosse un po' più piccolo dell'altro, vedreste che il cilindro (I) contiene doppia quantità di gaz dell'altro cilindro (O). I due gaz che ho ottenuti sono incolori, si mantengono sopra l'acqua senza condensarsi, si rassomigliano completamente, almeno a vederli. Abbiamo l'opportunità di esaminarli e di verificare bene che cosa sono. Qui ne abbiamo buona quantità e ci riescirà facile fare delle esperienze. Comincerò con questo cilindro (I): preparatevi a riconoscere l'idrogeno.

Riflettete alle diverse qualità di questo gaz — gaz leggero che abbiam veduto mantenersi in un vaso capovolto ed ardere con fiamma alquanto pallida alla bocca della sua prigione. Io credo che quanto è qui raccolto soddisfa a

queste condizioni. Se è idrogeno, il mio gaz resterà qui finchè tengo capovolto il cilindro. *(Il professore accosta un lume e l'idrogeno arde).* Ora che cosa c'è nell' altro cilindro? Voi sapete che i due gaz riuniti formano una mescolanza esplosiva. Ma qual'è questa seconda sostanza che trovasi nell' acqua e che dev'essere quella che fa bruciare l'idrogeno? Noi siamo certi che l'acqua versata in quest' apparecchio si compone di due cose. Una è l'idrogeno; cerchiamo la natura dell' altra, dell' altra che del pari esisteva nell' acqua prima dell' esperienza, e che ora teniam qui isolata. Introdurrò in codesto gaz un pezzetto di legno acceso; il gaz non arderà ma farà ardere il legno. *(Il professore accende un pezzo di legno e l'introduce nel cilindro).* Voi vedete come il gaz avviva la combustione del legno, il quale brucia ora molto meglio che quando si trova all'aria libera; e così vedete separata quest'altra sostanza ch'è contenuta nell'acqua e che dovette esser tolta dall'aria, quando la combustione formò una goccia al disopra della candela. Come la chiameremo? A, B, o C? Chiamiamola O, — chiamiamola *ossigeno,* nome ben sonoro che non corre rischio d'essere confuso con altri. Codesto è dunque l' ossigeno, che ha tanta parte nella composizione dell' acqua.

Quind'innanzi potremo meglio comprendere le nostre sperienze; le nostre scoperte diverranno più chiare: ci basterà esaminare un paio di volte queste sostanze e vedremo tosto il perchè una candela arde nell'aria. Dopo analizzata l'acqua — vale a dire, dopo averne isolate le singole parti, mercè l'elettricità — abbiamo ottenute due parti di idrogeno ed una parte di quest'altro gaz, che fa ardere l'idrogeno. Il loro peso e la differenza dei loro volumi trovansi indicati nel seguente quadro, dal quale si scorge

che, paragonato all'idrogeno, l'ossigeno è un corpo molto pesante.

1 Idrogeno.	8 Ossigeno.
	3

Ossigeno	88.9
Idrogeno	11.1
Acqua	100.0

Farò bene, io credo, ad indicarvi un buon mezzo per ottenere ossigeno in abbondanza, ora che vi ho insegnato il modo di ricavarlo dall' acqua. L'ossigeno, come di leggeri indovinate, esiste nell' atmosfera; altrimenti come mai l' ardere della candela potrebbe produrre acqua? Senza la presenza dell' ossigeno, la cosa diviene impossibile assolutamente e chimicamente. Stando così la cosa, perchè non cercheremo di ricavarlo dall'aria? Io ne conosco, dei processi difficili e complicati che ci permetterebbero di ricavare l' ossigeno dall' aria; ma preferisco impiegare un mezzo più semplice. Voi vedete qui una sostanza, che si chiama ossido di manganese [1]. È un minerale nerissimo d'aspetto, ma utile assai; riscaldato che sia al calor rosso produce l'ossigeno. Ecco inoltre (fig. 36) una bottiglia o storta di ferro nella quale è stato introdotto un po' di questa sostanza, ed alla quale è stato dipoi adattato un tubo. Il fuoco è pronto, vi collocheremo sopra la storta, il cui ferro è grosso quanto basta per resistere al calore. Qui abbiamo un sale detto clorato di potassa che fab-

[1] Il manganese, che si ricava dalla *magnesia nera*, è un metallo solido, duro, fragile, di molto splendore metallico e di tinta grigiastra; rassomiglia alquanto alla ghisa bianca. Esposto all'aria si copre d' una ruggine bruna, d'un ossido che poscia si trasforma in polvere nera.

bricasi oggidì in gran quantità. Lo si adopera nell'imbiancamento, in varii usi chimici, e nei fuochi artificiali. Lo prendo e lo mescolo all'ossido di manganese — l'ossido di rame o di ferro sarebbe egualmente efficace — poscia, metto al fuoco la mia storta, e non ci sarà neppur bisogno del calor rosso per trarre l'ossigeno da questa mescolanza. Non intendo di fabbricarne molto, poichè la nostra esperienza non lo richiede; però, come ben comprenderete, la prima porzione di gaz si troverà mescolata coll'aria già contenuta

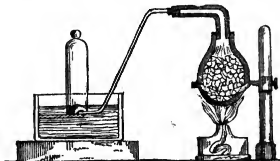


Fig. 36.

nella storta e dovrò sagrificarla. Vedrete che il calore d'una lampada a spirito di vino sarà, nel caso attuale, abbastanza forte per fornirmi l'ossigeno, e per prepararlo trarremo partito da entrambi i processi. Vedete quanto facilmente si sviluppa il gaz da questa debole porzione di mescolanza. Ora esamineremo quali ne sono le proprietà. A questo modo ci procuriamo un gaz completamente simile a quello fornitoci dall'esperienza con la batteria voltaica, — un gaz trasparente, che non si scioglie nell'acqua e che sembra possedere le qualità visibile dell'atmosfera. Siccome c'è dell'aria nelle prime parti dell'ossigeno che abbiam raccolto in questo fiasco, così le lasceremo da parte onde eseguire le nostre esperienze in modo più sicuro e più regolare. Abbiamo

notato che la facoltà di far ardere il legno, la cera o qualsiasi altra materia combustibile, è molto spiccata nell'ossigeno ottenuto mediante la batteria voltaica; possiam dunque aspettarci di scoprire qui pure la stessa proprietà. Proviamo. Questo stoppino arde benissimo nell'aria : ma vedete (*il professore cala il lume nel fiasco, fig.* 37) che, immerso in questo gaz, emette luce ben più viva. Scorgete inoltre che si ha a fare con un gaz pesante, mentre invece



Fig. 37.

l'idrogeno sale in aria come un pallone, anzi ancor più presto del pallone, poichè non è imbarazzato dal peso di un inviluppo. Comprenderete facilmente che sebbene il volume dell'idrogeno rappresenti due volte quello dell'ossigeno, pure non è mestieri che la stessa proporzione esista fra i pesi rispettivi. Anzi mentre il primo è leggerissimo, il secondo è pesante. Noi abbiamo il mezzo di pesare tanto il gaz quanto l'aria; mi limiterò ad indicarvi il peso dell'idrogeno e dell'ossigeno. Un litro d'idrogeno pesa grammi 0.089, — un litro di ossigeno pesa gr. 1.430. La sproporzione, come vedete, è grande. Un metro cubo d'idrogeno pesa 89 grammi, ed un metro cubo d'ossigeno 1430 grammi. Così si possono pesare nella bilancia le più grandi quantità

di materie, quintali e tonnellate intere, come vedrete fra breve.

Ritornando alla proprietà posseduta dall'ossigeno di attivare la combustione, prenderò un pezzo di candela per dimostrarvela in modo piuttosto grossolano. Ecco la nostra candela che arde nell'aria: come arderà nell'ossigeno? Ho qui un fiasco ripieno di questo gaz, lo colloco sopra la mia candela onde mettervi in grado di comparare l'azione di codesto gaz con quella dell'aria. Osservate. Essa spande una luce che quasi eguaglia quella che avete veduta svilupparsi dai poli della batteria voltaica. Giudicate da ciò quanto energica dev'essere l'azione esercitata dall'ossigeno! E tuttavia ciò che si produce è precisamente quanto s'è già prodotto durante la combustione della candela all'aria libera: dell'acqua; impiegando questo gaz, abbiamo precisamente lo stesso prodotto d'acqua e gli stessi fenomeni che accendendo una candela all'aria aperta.

Ora che conosciamo questa nuova sostanza, studiamola attentamente, onde assicurarci che non sono erronee le nozioni generali da noi acquistate intorno a questa parte dei prodotti di una candela. Havvi invero del meraviglioso nell'attività che questa sostanza imprime alla combustione. Ecco ad esempio una lampada che, sebbene semplicissima, pure può passare come il modello di un gran numero di lampade destinate ad usi molteplici, che si adoperano nei fari, nelle illuminazioni microscopiche ed altrove. Voglio fare in modo che essa ci illumini maggiormente. Nulla di più facile, direte voi: se una candela arde tanto bene nell'ossigeno, perchè non sarà lo stesso per una lampada? Ben ragionato. Il mio preparatore avrà la bontà di passarmi un tubo che mette capo al nostro serbatoio d'ossigeno, ed io fornirò del gaz a questa fiamma costretta espressamente da me ad arder male. Ecco l'ossigeno che arriva.

Vedete un po' qual combustione esso provoca! Ma tolgo i viveri alla fiamma; cosa succederà della mia lampada? *(Si arresta la corrente d'ossigeno, — la lampada affievolisce tosto).* Sì davvero, c'è del meraviglioso nel modo con cui l'ossigeno accelera la combustione. Ma l'ossigeno non agisce soltanto sull' idrogeno, sul carbonio o sulla candela; egli anima benanco tutte le combustioni ordinarie. Esperimentiamone l'effetto sul ferro che voi avete veduto ardere debolmente nell' aria. Ecco un fiasco d' ossigeno ed un filo di ferro (fig. 38). — Ed anco se in luogo di questo filo prendessi una sbarra grossa quanto il mio braccio, il metallo brucierebbe egualmente. Attacco anzitutto al ferro un pezzetto di legno, poscia accendo il legno ed immergo entrambi nel fiasco. Il legno è acceso, — egli arde, come deve ardere il legno nell'ossigeno; ma ben presto incendierà il metallo. Ecco infatti quest' ultimo che brucia con fiamma brillante, e non si spegnerà sì presto. Continuando a fornire l' ossigeno, potremo mantenere la combustione del ferro sino a tanto che il metallo siasi consumato completamente.


Fig. 38.

Mettiamo da parte il ferro e prendiamo un'altra sostanza. Questa volta scelgo un pezzo di zolfo [1]. Sapete che lo zolfo arde nell' aria; ebbene, immergiamolo nell'ossigeno,

[1] Lo zolfo che esiste allo stato nativo nei terreni vulcanici, e che si trova anche combinato coi metalli e con certe acque minerali, è un corpo molto fragile, solido all'ordinaria temperatura, d' un giallo chiaro, senza sapore nè odore, sebbene stroppicciandolo produca un odore particolare. Ei sviluppa bruciando quella bella fiamma azzurra e quell'odore piccante che si osserva nella combustione d'uno zolfanello.

vedrete che brucerà nell'ossigeno con intensità molto maggiore che nell' aria, e sarete condotti a pensare che la atmosfera stessa deve a questo gaz tutta la sua potenza di combustione. Lo zolfo brucia tranquillamente nell'ossigeno, ma voi riconoscete a colpo d'occhio che la combustione è ben più attiva ora, che quando questo corpo si consuma nell' aria.

Passo ora ad un'altra sostanza, al fosforo [1]. Badate che questa non è una delle esperienze che vi consiglio ripetere a casa vostra. Qui si ha a fare con sostanza delle più combustibili, e poichè essa arde tanto bene nell' aria, cosa non dobbiamo aspettarcene quando sarà nell'ossigeno? Non vi mostrerò il fenomeno nella sua massima intensità, poichè non voglio correr rischio di far scoppiare l' apparecchio. Malgrado le mie precauzioni, non posso neppur garantirvi che il fosforo non spezzerà il fiasco, sebbene io non desideri certo di rompere i miei vasi. Vedete come questa sostanza brilla nell' aria e quale splendido bagliore essa produce non appena la immergo nell'ossigeno! *(Il professore introduce il fosforo infiammato nel fiasco ripieno d'ossigeno).* Vedete sfuggirsene le particelle solide che rendono codesta combustione sì splendidamente luminosa.

Ormai abbiamo prove sufficienti della potenza dell'ossigeno e della viva combustione che esso provoca in alcune

[1] Il fosforo che si ricava dal fosfato di calce contenuto nelle ossa degli animali, è un corpo solido, incoloro, insipido, dotato di leggero odore d'aglio. Ingiallisce nell'acqua ed il suo colore si modifica facilmente in altre condizioni. Lo sfregamento più leggero basta a provocarne la combustione; esso produce scottature pericolose a causa dell' acido corrosivo (acido fosforico) che lascia nella piaga. Il suo nome deriva da due vocaboli greci: *phos*, luce e *fero* io porto. Come è noto, si può mediante questa sostanza tracciare lettere e figure visibilissime nell' oscurità.

sostanze. Ora lo studieremo ne'suoi rapporti coll'idrogeno. Vi rammentate che quando abbiam mescolato e fatto ardere uniti l'ossigeno e l'idrogeno ricavati dall'acqua, si è prodotta una piccola esplosione. Vi rammentate pure che quando abbiamo acceso un getto di ossigeno ed idrogeno mescolati, la mescolanza diede poca luce ma molto calore.

Ora appiccherò il fuoco a questi due gaz mescolandoli nelle proporzioni che essi hanno nell'acqua. Ecco un vaso contenente un volume d'ossigeno e due volumi d'idrogeno. Questa mescolanza è precisamente della stessa natura del gaz che abbiamo poc' anzi ottenuto mediante la batteria voltaica. È troppo grande la quantità dei gaz contenuti nel vaso: il bruciarli in una sola volta sarebbe pericoloso. Perciò penso di servirmene prima per soffiare bolle di sapone, poi incendierò codeste bolle: un paio di esperienze ci faranno scoprire in qual modo l'ossigeno favorisce la combustione dell'idrogeno. Proviamoci anzitutto a soffiare una bolla. Bravo! il gaz giunge *(il professore fa passare la mescolanza gazosa nell'acqua saponata attraverso un tubo da pipa).* Ecco una bolla. La riceverò sulla mia mano. Crederete forse ch'io agisca in quest' esperienza in modo eccentrico; ma io desidero mostrarvi che non convien sempre fidarsi al rumore ed al suono. Vi sarà meno strepito, ma tanto più riescirà apparente il fenomeno. *(Il professore accende una bolla che esplode sul palmo della sua mano).* Avrei paura di infiammare una bolla mentre è ancor pendente dall' estremità del tubo, poichè l'esplosione potrebbe passare nel fiasco e farlo scoppiare. Quest'ossigeno messo a contatto coll'idrogeno, agisce tosto come ora ve ne siete accorti, come il rumore ve l'ha mostrato; questo gaz ha spesa tutta la propria forza nel distruggere la proprietà dell' idrogeno.

Ora io credo bene che le mie osservazioni vi avranno familiarizzati colla storia dell'acqua nei suoi rapporti con l'ossigeno e con l'aria. Perchè il potassio decompone l'acqua? perchè nell'acqua trova ossigeno. Quale è la sostanza che si sviluppa quando colloco questo metallo nel liquido? si sviluppa idrogeno e l'idrogeno arde; ma il potassio stesso si combina coll' ossigeno; il mio pezzo di potassio decomponendo l' acqua — quest'acqua, noi possiam dire, dovuta alla combustione della candela — si impossessa dell' ossigeno che la candela aveva sottratto all' aria e rende la libertà all' idrogeno. Ancora più, se prendo un pezzo di ghiaccio e vi colloco sopra un frammento di potassio, tale è l' ammirabile affinità che esiste fra l' ossigeno e l' idrogeno che il ghiaccio incendierà il metallo. Voglio ripetervi adesso quest' esperienza, onde provarvi fino a qual punto possono i risultati essere modificati dalle circostanze. Ecco il potassio ardere sul ghiaccio, producendo una specie di azione vulcanica.

Ora che vi ho indicate tutte queste anomalie, mi impegno per la nostra prossima conversazione di spiegarvi come le siano propriamente anomalie, cioè azioni non comuni, non regolari. Quando noi bruciamo, non soltanto una candela, ma il gaz delle nostre vie, ma un combustibile qualunque delle nostre cucine, finchè insomma noi rispettiamo le leggi stabilite dalla natura per nostro governo, non avviene nessuno di quei fenomeni bizzarri e straordinarii, di quelle azioni strane e nocive che abbiamo finora descritte.

LETTURA QUINTA.

Presenza dell' ossigeno nell' aria. — Natura dell' atmosfera. — Sue proprietà. — Altri prodotti della candela. — Acido carbonico. — Sue proprietà.

Siamo riesciti l' ultima volta che ci siamo veduti, ad estrarre l'idrogeno e l'ossigeno dall' acqua fornitaci dalla candela. L'idrogeno viene, voi sapete, dalla candela, e l' ossigeno, voi credete, viene dall' aria. Potreste dunque chiedermi: « Perchè mai l' idrogeno e l' ossigeno non favoriscono in egual modo la combustione della candela? » Se vi riportate a ciò ch'è accaduto quando io collocai la nostra candela sotto ad un vaso ripieno d'ossigeno, vi ricorderete ch'e'fu un modo di combustione ben differente da quello che succedette nell' aria. Perchè tale differenza? Domanda seria assai, alla quale è necessario rispondere chiaramente. Essa è strettamente congiunta alla natura dell' atmosfera, e c' importa di non passarla sotto silenzio.

Noi possediamo parecchi mezzi per saggiare l' ossigeno anche indipendentemente dalla combustione dei corpi. Avete veduto che una candela arde nell' ossigeno o nell'aria; avete veduto il fosforo ardere nell' aria o nell'ossigeno, e vi ho mostrato che anche la limatura di ferro ardeva nell' ossigeno. Ma noi possiamo assoggettare questo gaz a prove di un nuovo genere, che varranno a convincervi pienamente e ad aumentare la vostra esperienza.

Qui abbiamo un vaso ripieno d'ossigeno. Prima di tutto vi dimostrerò la presenza di codesto gaz. Se io piglio una piccola scintilla e la mando nel vaso, voi sapete già quel che accadrà: — essa stessa ci informerà se abbiamo qui l'ossigeno o no. — Sì, c'è; la combustione lo indica. Passiamo ad un'altra prova altrettanto curiosa quanto utile. Ho qui due fiaschi separati da una piastra che impedisce di congiungersi ai gaz contenutivi. Ritiro la piastra, e i gaz si muscolano. « Cosa succede? chiederete voi; la loro mescolanza non produce una combustione simile a quella della candela ». No; ma voi vedete l'ossigeno annunciare la sua presenza non appena giunge a contatto con quest'altra sostanza [1]. Ecco il bel gaz rosso che ottengo mercè questo processo che ci rivela la presenza dell'ossigeno! Tenteremo un'esperienza analoga mescolando semplicemente dell'aria con questa sostanza che ci servì da pietra di paragone. Ecco altri due fiaschi: l'uno contiene aria nella quale la nostra candela potrà ardere; — l'altro contiene del biossido d'azoto, quel gaz di cui vedeste testè gli effetti. Lascio che queste due sostanze si riuniscano al disopra dell'acqua; il gaz passa nel vaso contenente l'aria ed ottengo un'azione dello stesso genere di prima, — il che ci prova che in quest'aria c'è dell'ossigeno, come ce n'era nell'acqua che abbiam ricavata dalla candela. Ma perchè dunque la candela non brucia nell'aria tanto bene

[1] Il gaz impiegato per dimostrare la presenza dell'ossigeno è il biossido d'azoto. È questo un gaz incoloro che, messo a contatto coll'ossigeno, si unisce a quest'ultimo e forma dell'acido ipoazotico, gaz rosso, al colore del quale si è fatto qui sopra allusione. All'acido ipoazotico si dà pure il nome di acido iponitrico o di vapori nitrosi.

quanto nell'ossigeno? Ciò appunto desidero spiegarvi. Osservate questi due fiaschi; ciascun d'essi contiene un volume eguale di gaz; al vederli, essi rassomigliano tanto fra loro, che io stesso non so ancora distinguere quello contenente l'aria da quello in cui si trova l'ossigeno. Per buona sorte abbiam qui fra mani il nostro gaz denunciatore, ed ora agirò sopra i due fiaschi, in maniera da riconoscere la differenza che bramo rendere manifesta. Lascio penetrare questo gaz in uno dei fiaschi: osservate: il contenuto arrossa: — qui dunque c'è dell'ossigeno. Sottopongo alla stessa prova il secondo fiasco: ei si colora in modo molto meno pronunciato. Ma non basta; se prendo questi due gaz e scuoto bene la mescolanza, dopo avervi aggiunta un po' d'acqua, il gaz rosso sarà assorbito; poscia, se introduco una nuova dose di liquido e ricomincio a scuotere, l'assorbimento della materia continuerà fino a tanto che rimarrà abbastanza ossigeno per produrre codest' effetto. Posso lasciar entrare quant' aria voglio, ma la mescolanza non divien mai incolora; mentre appena introduco l'acqua, il gaz rosso scompare. Potrei rinnovare la dose del gaz colorante e neutralizzarla a questa guisa, fino a che fossi giunto ad un residuo incapace di arrossare al contatto di codesto corpo particolare che colora l'aria e l'ossigeno. Da che dipende questo fatto? La ragione voi la comprendete tosto. Voi comprendete cioè che l'ossigeno non è la sola cosa rimasta nel fiasco. Vi introdurrò adesso un po' d'aria; se divien rossa, voi saprete che una parte del gaz atto a colorarla è ancora lì e che, per conseguenza, la pallidezza del residuo non va attribuita alla assenza di questo gaz.

Ora potrete capire ciò che devo ancor dire. Quando ho bruciato il fosforo in un fiasco, voi avete veduto che, mentre il fumo prodotto dal fosforo e dall'ossigeno del-

l' aria si condensava, restava una certa quantità di gaz che non bruciava. Ebbene! qui pure c'è tal cosa che questo gaz rosso non tocca. — Questa cosa è un altro gaz sul quale il fosforo non potrebbe agire, un' altro gaz che il nostro gaz non può alterare; — qualche cosa che non è ossigeno, e che tuttavia fa parte dell' atmosfera.

Ecco dunque trovato un processo per analizzare l'aria, per separare le due parti di cui essa si compone — l' ossigeno che fa ardere le nostre candele, il nostro fosforo, e quest' altra sostanza che non le farà bruciare — l' *azoto*. Quest'ultima parte dell' aria vi si trova in quantità molto maggiore della prima, ed è un corpo che, esaminatolo, si trova essere interessantissimo. Sì, è un corpo strano assai, ma forse mi direte ch'esso non vi interessa per niente. So anch' io che sotto certo rapporto ei lascia a desiderare; so benissimo che questo gaz non ha una parte brillante nel fenomeno della combustione. Se cerco d'accenderlo, non s'infiammerà come l' idrogeno; non darà, come l'ossigeno, maggior splendore al mio lume. Posso tentarlo quanto voglio, ei non agisce nè in un modo nè nell'altro, non vuole accendersi, e non vuol neppure lasciar ardere il mio lume; questo gaz arresta ovunque la combustione. Nulla, nelle condizioni ordinarie, arderà nell'azoto. L'azoto non ha odore, non ha sapore, non si scioglie nell'acqua, non è nè un acido nè un alcali; egli non produce quasi nessun effetto sui nostri organi. Perciò adunque avreste quasi diritto di esclamare: « Egli è nulla, non merita fissare l'attenzione di noi chimici; perchè vuol egli cacciarsi nell'aria? » Ah! qui rasentiamo i risultati mirabili che l'osservazione filosofica ci manifesta. Pensate un po', che ne sarebbe di noi se la nostra atmosfera, anzichè d' azoto o d'una mescolanza d' azoto e d'ossigeno, si componesse di ossigeno puro! Voi sapete benissimo che accendendo un

pezzo di ferro in un fiasco d'ossigeno, il ferro brucia completamente. Figuratevi cosa succederebbe della grata dinanzi alla quale siete avvezzi a riscaldarvi, quando l'aria fosse composta di solo ossigeno. La grata di ferro arderebbe più rapidamente del carbon fossile, poichè il ferro è ancor più combustibile del carbon fossile, la cui fiamma vacillante rallegra il nostro caminetto; il fuoco acceso in una locomotiva diverrebbe il centro d'un vasto incendio, qualora fossimo circondati soltanto da ossigeno. L'azoto toglie parte della sua potenza all'ossigeno, ei la modera, la rende più utile per noi e per soprappiù ci sbarazza dal carbonio che avete veduto escire dalla candela: disperde questo carbonio nella massa dell'atmosfera e lo porta laddove può rendere grandi servigi all'umanità riuscendo vantaggioso alla vegetazione. L'azoto compie così un'opera meravigliosa, sebbene a primo aspetto siate disposti a dire: « Questa cosa non merita certo che ce ne occupiamo! » Quest'azoto, allo stato ordinario, è un elemento inattivo. Si richiede una delle più potenti forze elettriche per obbligarlo a combinarsi direttamente, ed in proporzioni infinitamente piccole, con l'altro elemento dell'atmosfera o con le altre sostanze che lo circondano. È una sostanza dotata di perfetta indifferenza e per questo appunto essa rimane inoffensiva.

Prima di intrattenervi più lungamente dell'azoto, devo fornirvi altri particolari intorno all'atmosfera, di cui esso fa parte. Ho tracciata in questo quadro la composizione di cento parti d'aria atmosferica:

	In volume	In peso
Ossigeno	20	23.1
Azoto	80	76.9
	100	100

Questa è l'esatta analisi dell'aria, per quanto riguarda

l' ossigeno e l'azoto contenutivi. Il nostro esame ci mostra che cinque parti d'atmosfera contengono una parte sola d' ossigeno e quattro parti di azoto. Questa proporzione è necessaria a ridurre l'ossigeno in modo ch'ei possa fornire alla candela una conveniente quantità di combustibile ed a formare un'atmosfera respirabile dai nostri polmoni senza pregiudizio per la nostra salute; poichè, se ci sta a cuore che l' ossigeno divenga respirabile, non è per noi meno importante l' avere un' atmosfera capace di far bruciare convenientemente la nostra legna, il nostro carbone, le nostre candele.

Ma ritorniamo all'atmosfera. Devo prima di tutto indicarvi il peso di codesto gaz. Un litro d'azoto pesa 1 gr., 256. L'ossigeno è più pesante; un litro d'ossigeno pesa 1 gr., 430, mentre un litro d'aria pesa 1 gr., 294.


Fig. 39.

Alcuni dei miei uditori, la cui curiosità mi reca vero piacere, mi hanno chiesto in qual modo si pesa un gaz. Ve lo mostro subito; è un modo semplicissimo e d' uso assai facile. Ecco una bilancia, ed ecco una bottiglia di rame (fig. 39) leggera quanto è possibile compatibilmente ad una conveniente solidità; essa è fatta al tornio, impermeabile all' aria ed armata d' un robinetto che si apre e si chiude a piacere. Ora esso è aperto, quindi è permesso alla bottiglia di riempersi d'aria. Ho qui una bilancia esattissima e credo che collocando la mia bottiglia, tal quale, in uno dei piatti, essa si troverà in equilibrio col peso che vedete nell' altro piatto. Ecco inoltre una pompa col cui mezzo potrò cacciar l'aria nella bottiglia. Vi faremo entrare un certo numero

di volumi d'aria che la stessa pompa si incaricherà di misurare mentre passano *(Il professore introduce, mediante la pompa, venti volumi d' aria nella bottiglia).* Chiudo ora il robinetto, e pongo la bottiglia sulla bilancia. Vedete come il piatto si abbassa; la mia bottiglia è divenuta molto più pesante di prima. A cosa dobbiamo attribuire quest' aumento di peso? All' aria introdottavi. Il volume d' aria qui entro contenuto non è maggiore di prima, c'è lo stesso *volume,* ma d' aria più *pesante,* poichè ne abbiamo compressa una quantità più considerevole nello spazio rappresentato dalla bottiglia. Vorrei darvi una nozione precisa della misura di quest' aria. Ecco un fiasco pieno d'acqua. Stureremo questa bottiglia di rame e lasceremo che l'aria riprenda il suo sviluppo ordinario. Basta avvitar bene insieme i due vasi (fig. 40) e girare i robinetti, perchè il volume delle venti cariche condensate dalla pompa nella bottiglia scappi tosto rapidamente. Assicuriamoci prima di tutto che non commettiamo errore alcuno, riponiamo la bottiglia sulla bilancia. Vedete ch' essa si ritrova in equilibrio col peso posto nell'altro piatto, — dunque la nostra sperienza non è fallace. Voi vedete in qual modo siam giunti a scoprire il peso dei volumi d' aria supplementari che avevamo accumulati in codesta bottiglia, ed in qual modo veniamo a conoscere che un litro d'aria pesa 1 gr., 294. Ma questa piccola esperienza non è tale da potervi

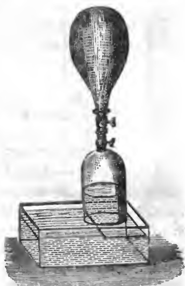


Fig. 41.

fornire una nozione ben precisa, ben netta del peso dell'aria. Questo volume d'aria (dieci litri) pesa 12 gr., 94; ma indovinate mo quanto pesa il contenuto della scatola che vedete lì giù e ch'io feci costruire a bella posta. Essa contiene una libbra, una grossa libbra d'aria. Ho calcolato anche il peso dell'atmosfera che ci circonda in questa sala, e, — son persuaso, che non ve lo sareste immaginato, — esso supera una tonnellata.

Ora che siete informati del peso dell'aria, lasciate che io vi spieghi alcune conseguenze di codesto peso. Voi avete

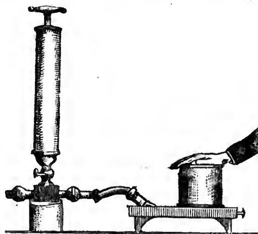


Fig. 41.

il diritto di esigere da me delle esperienze che vi aiutino a meglio comprendere le mie parole. Supponiamo dunque ch'io prenda una pompa pneumatica simile press'a poco a quella che ho adoperata testè per costringere l'aria ad entrare nella bottiglia. La dispongo in guisa da poter appoggiare la mano sullo strumento (fig. 41). Voi vedete che presentemente la mia mano può andare e venire nell'aria sì liberamente che pare non incontri alcuna resi-

stenza. Anzi devo faticare se voglio muoverla tanto velocemente da accorgermi che codesta resistenza materiale esiste davvero. Ma appena pongo la mano su questa parte dello strumento *(sul recipiente della pompa nel quale allora si pratica il vuoto)*, la mia mano trovasi come attaccata in questo luogo ed attaccata tanto bene che può trascinare dietro a sè l'apparecchio. Perchè ciò? e perchè provo tanta difficoltà a levar via la mano? Ne è causa il peso dell'aria, — il peso dell'aria che si trova di sopra. Vi darò un altro esempio più facile a comprendersi. Quando, mercè la pompa pneumatica, tolgo l'aria di sotto alla pergamena con cui è robustamente coperto questo vaso, sarete testimoni dello stesso effetto, sott'altra forma. La pergamena è stesa in piano: basta però ch'io faccia un po'andare la mia pompa per cangiare codesta disposizione. Ecco! guardate come la pergamena si è abbassata, come si incava, discende di più in più e m'aspetto vederla per ultimo lacerata sotto il peso dell'atmosfera. *(La pergamena scoppia con fragorosa detonazione)*. Ora, codesto risultato è dovuto interamente al peso dell'aria che preme sulla pergamena, e potete facilmente comprendere come va la faccenda. Le molecole accatastate nell'atmosfera si mantengono l'una sull'altra allo stesso modo di questi cinque cubi (fig. 42); se tolgo l'ultimo, quello su cui riposano gli altri quattro, la colonna si abbassa. Avviene lo stesso nell'atmosfera. L'aria superiore è sostenuta dall'aria inferiore. Appena ho fatto il vuoto al disotto, voi vedete succedere il cambiamento che si è manifestato quando ho poggiata la mano sopra la macchina pneumatica, ovvero quando la pergamena ha ceduto. Ricomincieremo ora quest'ultima esperienza riveduta e corretta. Ho fissata sull'apertura di questo fascio una fascia di gomma elastica, ed ora mi dispongo a ritirare l'aria da questo viso. Se non perdete di vista

la gomma elastica, — che forma, per così dire, una parete che separa l'atmosfera esterna dall'atmosfera interna racchiusa nel fiasco — vedrete manifestarsi la pressione grado grado che agirà la pompa. Osservate fino a qual punto si avvalla la gomma elastica. Ormai essa non mi impedisce più di introdurre la mano nel fiasco. Ebbene! codesto risultato è la conseguenza dell'azione esercitata

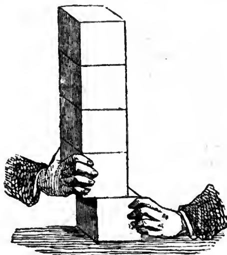


Fig. 42.

dall'aria esterna che qui si manifesta in modo assai curioso.

Ecco tal cosa che potrà divertirvi dopo terminata la nostra conversazione. È un piccolo apparecchio di rame composto di due emisferi cavi, che esattamente si adattano l'uno coll'altro. Mi riescirà facile, mettendoli in comunicazione con un tubo, di vuotarli internamente; le due metà, quando contengono aria, si separano senza sforzo; ma una volta scomparsa l'aria, nessuno di voi riescirà a separarle. Ogni pollice quadrato della superficie

di quest' apparecchio sostiene il peso di quindici libbre all'incirca [1]. Quando avrò finita la mia lettura, divertitevi a tirare, provate la vostra forza a vincere questa pressione atmosferica.

Volete altro? Eccovi (fig. 43) un giocatolo inventato da uno scolaro, io mi sono permesso soltanto di perfezionarlo. Abbiamo il diritto incontrastabile di rivolgere i



Fig. 43

balocchi a vantaggio della scienza, se ci sono altri che cambiano la scienza in un balocco. Dunque voi non potete ignorare l' uso di queste rotelle di cuoio attaccate in capo ad una funicella: queste rotelle quando son bagnate si appiccicano laddove cadono. Mi son regalato due di questi giocatoli, ma in luogo del cuoio ho scelto la gomma elastica. Getto questo sul tavolo, e vedete come tien saldo. Donde viene codesta resistenza? Posso obbli-

[1] Ogni centimetro quadrato di superficie esposta all' atmosfera sostiene il peso di chilogr. 1,033.

garlo a sdrucciolare lungo la superficie, e tuttavia quando mi provo ad alzarlo verticalmente, ei sembra più disposto a tirarsi dietro la tavola, che non a staccarsene. Per ritirarnelo mi conviene portarlo sull'orlo del mobile. Il giocatolo è lì trattenuto dalla sola pressione atmosferica che gravita sovr'esso. Ecco una seconda rotella, la premo contro l'altra e aderiscono solidamente. Potete persino servirvi di codesto balocco per appendere varii oggetti ad un muro, ad un vetro, sul quale rimarrà appiciccata la rotella tutta una serata. Faccio esperimenti di questo genere, perchè so che voi altri ragazzi amate cose da poter ripetere a casa.

Così ve ne farò ancor uno graziosissimo, che dimostra la pressione dell'atmosfera. Basta un semplice bicchier d'acqua: se vi pregassi di capovolgere questo bicchier senza versare l'acqua contenutavi e senza turarlo con la mano, ma soltanto impiegando la pressione atmosferica, non sareste forse imbarazzatissimi? Prendete un bicchiere con piedestallo, pieno o per metà pieno d'acqua; collocate una carta in piano sull'orificio, capovolgete il bicchiere ed osservate quel che succede (fig. 44). L'aria non può penetrare nell'interno, poichè l'acqua mercè l'attrazione capillare che si esercita all'ingiro degli orli non permette l'ingresso.

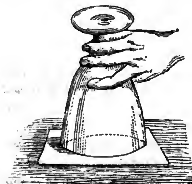


Fig. 44.

Credo che questa scatola mi aiuterà a darvi un'esatta nozione di ciò che chiameremo la materialità dell'aria; e quando vi avrò detto ch'essa contiene una libbra d'aria, mentre la sala in cui siamo ne contiene più d'una tonnellata, incomincierete a persuadervi che il peso dell'aria

è molto serio. Ricorrerò ora ad un altro mezzo per dimostrarvi la resistenza dell'aria. Voi la conoscete senza dubbio già da lungo tempo, la bella esperienza della cannoniera. Sapete che certi giovani armaiuoli fabbricano codesto balocco con un tubo di penna od un bastone cavo di sambuco. Quando mediante questo tubo si è tagliato fuori un cilindro di patata, ad esempio, come sto facendo io adesso, e si è chiusa alla stessa guisa l'altra estremità, l'aria trovasi racchiusa fra i due turaccioli di patata. Per quanta forza impieghi, mi sarà assolutamente impossibile obbligare uno di questi piccoli cilindri ad accostarsi all'altro. Posso premere l'aria fino ad un certo punto; ma se continuo a spingere il mio turacciolo, l' atmosfera compressa non tarderà a cacciar fuori l' altro turacciolo, e ciò con tanta forza da rassomigliare a quella della polvere da cannone; poichè l'efficacia della polvere dipende in parte dall'azione di cui avete qui l' esempio.

Ho veduto l'altro giorno un esperimento che mi piacque tanto che pensai tosto di utilizzarlo nelle nostre dimostrazioni. Veramente avrei dovuto tacere per quattro o cinque minuti prima d'incominciare quest'esperienza, poichè l'esito dipende dalla forza dei miei polmoni. Con una conveniente applicazione dell'aria, io calcolo poter sollevare l'uovo che vedete in questo ovarolo e farlo ricadere in quest' altro ovarolo vuoto. Non prometto di riescirvi perchè ho parlato troppo, pur sapendo che ora devo utilizzare il mio fiato. In ogni caso non meriterò molto compianto; poichè fallirò per una buona causa *(il professore riesce a mandare l' uovo da un ovarolo nell' altro).*

Voi vedete che l' aria ch' io soffio discende fra l' uovo e l' ovarolo in modo da formare sotto all' uovo un vento abbastanza forte per sollevare un oggetto pesante, — poichè un uovo pieno è molto più pesante relativamente

all'aria. — Se desiderate fare la stessa esperienza, vi consiglio di servirvi di uova sode; allora avrete minor cagione di temere gli accidenti.

Vi ho intrattenuti bastantemente sul peso dell'aria, ma essa ha un'altra proprietà di cui devo parlarvi. Quando ho tirato sopra uno di voi con la mia cannoniera, avete veduto come ho fatto penetrare il secondo pezzo di patata nel tubo per mezzo pollice o tre quarti di pollici di profondità, innanzi che il secondo pezzo fosse lanciato fuori, allo stesso modo che avevo compresse le molecole atmosferiche

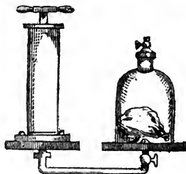


Fig 45.

nella bottiglia di rame mediante la pompa. Così l'uno come l'altro di questi risultati sono dovuti ad una meravigliosa proprietà di cui è dotata l'aria, — che si chiama *elasticità*. Mi interessa fornirvi una buona prova di questa qualità dell'aria. Scelgo dunque un inviluppo, questa membrana ad esempio, che par fatta a posta per contenere l'aria, ma che può del pari contrarsi e gonfiarsi in guisa da fornirci la misura dell'elasticità del contenuto. Chiudo nella mia vescica una certa quantità d'aria, la colloco sotto la campana della macchina pneumatica (fig. 45); ed ora, se la sbarazziamo dalla pressione dell'aria esterna, la vescica si gonfia, si gonfia, divien sempre più grossa,

riempie la campana. E viceversa basta ch'io faccia cessare il vuoto intorno a lei per vederla avvizzita. Abbiamo dunque visibili prove di questa proprietà meravigliosa dell'aria, della sua elasticità, della sua compressibilità, che le permette di estendersi, di restringersi in modo essenzialissimo nella parte tanto utile che essa ha nell'economia del creato.

Ora ci occuperemo d'un altro punto non meno importante del nostro soggetto, rammentandoci che abbiamo esaminata la combustione della candela e scoperto ch'essa

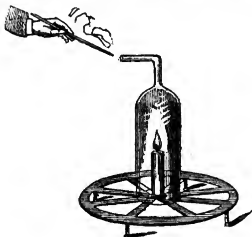


Fig. 46.

ci offre varii prodotti: fuliggine, acqua ed un' altra sostanza che non abbiamo fino ad ora studiata. L'acqua non ci è sfuggita; ma gli altri prodotti sono scomparsi nell'atmosfera: trattasi di raccogliere qualche notizia sul conto di questi fuggitivi.

Facciamo un'esperienza che ci metterà sul retto sentiero. Collocheremo la nostra candela sopra uno zoccolo, e poseremo un caminetto al di sopra (fig. 46). Essa non cesserà d'ardere, perchè abbiam lasciato un passaggio al-

l' aria sì in alto che in basso. In primo luogo vedete comparire un po' d' umidità. Questo prodotto, lo conosciamo; è l' acqua formata dalla combustione, dall' azione dell'aria sull' idrogeno sviluppato. Ma vi ha qualche cos' altro che sfugge pel tubo del nostro caminetto: questa cosa non è umidità, — non è acqua, — non è una sostanza capace di condensarsi, — eppure questa sostanza possiede delle proprietà assai singolari. Vedrete che l' aria che esce dall' alto del caminetto è quasi bastante a spegnere il lume che accosto al tubo; e se metto il lume proprio di faccia alla corrente, lo spegne del tutto. Mi direte che ciò dev' essere, poichè l' azoto non favorisce la combustione. Infatti voi siete in grado di sapere che questo gaz deve spegnere la candela dal momento che la candela non vuol ardere quando è immersa nell' azoto.

Ma non c' è qualche altra cosa oltre all' azoto di cui avete riconosciuto la presenza?

Vi domando il permesso d'anticipare alquanto, vale a dire di mettere a contributo la mia propria scienza, onde famigliarizzarvi coi mezzi che si adoperano per studiare dei gaz come son quelli di cui ci occupiamo. Prendo un fiasco vuoto, e se lo tengo al disopra di questo caminetto vi raccoglierò una parte dei prodotti della candela. Non tarderemo a scoprire che questo recipiente contiene un'aria che non può mantenere la combustione, un' aria che possiede però delle altre proprietà.

Lasciate ch' io prenda un po' di calce viva e vi versi sopra dell' acqua comune; l' acqua comune è sufficiente. Agito la mescolanza un paio di minuti, la passo attraverso la carta da filtro ed in breve ottengo molt' acqua chiara. In un' altra bottiglia ho una buona provvista di questo stesso liquido; ma io preferisco servirmi di quello preparato sotto ai vostri occhi. Se verso parte di questa

acqua di calce rimasta tanto limpida nel fiasco contenente il gaz fornito dalla candela, succederà tosto un cangiamento notevole. Vedete: tutta l'acqua è diventata di un color di latte. E notate che nulla di simile avviene se impiego semplicemente l'aria. Qui infatti è una bottiglia piena d'aria; vi verso un po' d' acqua di calce, e nè l' ossigeno, nè l'azoto, nè alcun'altra cosa che si trovi in questa quantità d'aria, producono nell'acqua il menomo effetto; essa si mantiene perfettamente chiara. Posso rimescolare il tutto quanto voglio, il colore dell'acqua non varia; ma se dispongo la mia bottiglia in maniera da portare l'acqua di calce a contatto dei prodotti generali della candela, il liquido prenderà in brevissimo tempo la tinta lattiginosa. La calce contenuta nella nostra soluzione si è combinata con qualche cosa che proviene dalla candela, — ed è quell'altro prodotto di cui andiamo in cerca, e di cui devo intrattenervi quest'oggi. La sostanza sconosciuta si manifesta a noi colla sua azione, che non è l'azione dell'acqua sull'ossigeno, nè sull'azoto, nè sulla stess'acqua; dunque, l'effetto di cui siamo stati or ora testimonii ha per causa un nuovo prodotto della candela. Noi troviamo che questa polvere bianca proveniente dalla mescolanza dell' acqua di calce col vapore della candela, rassomiglia molto alla creta od al bianco di Spagna, ed un attento esame ci prova infatti che questa polvere è della creta. Studiando le diverse particolarità di quest'esperienza, e facendo risalire la produzione di questa creta alle varie sue cause, siam dunque giunti ad una cognizione certa della natura della combustione della candela. Noi scopriamo che questa sostanza che sfugge dalla fiamma, è assolutamente quella stessa che escirebbe da una storta in cui mettessi un po' di creta umida, e che poi riscaldassi al calor rosso; se ne svolgerebbe una sostanza completamente simile a quella proveniente dalla candela.

Ma noi abbiamo un mezzo migliore per ottenere codesta sostanza ed in maggior copia, come pure per accertarci sul suo carattere generale. Noi troviamo questa sostanza in grandissima abbondanza in molti luoghi in cui non vi immaginereste guari di incontrarla. Tutte le pietre da calce contengono gran copia di questo gaz che esce dalla candela e che chiamiamo *acido carbonico*. La creta, le conchiglie, il corallo, racchiudono considerevole quantità di quest'aria singolare. Noi la troviamo fissata in codesti minerali, e perciò appunto il dottor Black la chiamò «aria fissa,» — poichè combinata nel marmo, nella creta essa perde la sua qualità di gaz ed assume forma solida. Senza alcuna fatica noi possiamo estrarre dal marmo questo gaz. Ecco un vaso contenente un po' d'acido muriatico, ed ecco un lume che introduco in questo vaso per mostrarvi che qui dentro c'è soltanto aria ordinaria. Vedete che fino al fondo c'è aria pura; il vaso ne è pieno. Ecco una sostanza, del marmo, — un bellissimo marmo [1]; se colloco nel vaso questo pezzo di marmo, subito dopo il tutto sembra bollire. Eppure ciò che si solleva non è vapore, e se di bel nuovo esamino il vaso col mio lume, otterrò assolutamente lo stesso effetto prodotto dalla stessa sostanza; a questa guisa dunque noi possiamo procurarci dell'acido carbonico in abbondanza, il mio vaso ne è ormai pieno. Ecco un altro vaso in cui ho introdotto un po' di bianco di Spagna — che è semplice creta lavata nell'acqua e sbarazzata dalle sue molecole più grossolane, quale è adoperata dai vetrai. Ecco dunque un gran vaso contenente bianco di Spagna ed acqua; e qui abbiamo dell'acido solforico di qualche forza.

[1] Il marmo è un composto d'acido carbonico e di calce. L'acido muriatico essendo il più forte, prende il posto dell'acido carbonico che si sviluppa sotto forma di gaz, mentre il residuo forma del muriatico di calce o cloruro di calcio.

Se tentate ricominciare da voi codeste sperienze dovrete certamente far uso dell'acido solforico; — soltanto vi faccio osservare che quando lo si adopera per agire sulla creta, la sostanza che si produce è insolubile, mentre adoperando invece l' acido muriatico si ha una materia solubile che non rende tanto spessa l'acqua. Probabilmente chiederete a voi stessi per qual motivo ho scelto questo genere di apparecchio. La ragione è semplicissima. Desidero fare in grande quanto voi potrete ripetere in piccola scala. Avrete qui la stessa specie d' azione; in questo gran vaso io sviluppo un acido carbonico che possiede assolutamente le stesse proprietà del gaz che abbiamo ottenuto dalla combustione della candela nell'aria. Poco importa la diversità dei metodi a cui si ricorra per preparare l'acido carbonico, — voi vedrete, prima che il nostro argomento sia esaurito, che quest'acido non varia, qualunque sia la maniera con cui venga preparato.

Procediamo all' esame di questo gaz. Quale ne è la natura? Uno di questi vasi è pieno d'acido carbonico: lo tratteremo come abbiam già trattati molti altri gaz, vale a dire con la combustione. Voi vedete ch'esso non è combustibile e che non favorisce la combustione. Sappiamo inoltre che esso non si discioglie facilmente nell' acqua, poichè possiamo conservarlo senza difficoltà al disopra del liquido. Inoltre voi non ignorate ch'esso produce un'azione, che si imbianca quando è messo a contatto con l'acqua di calce; e imbiancando così, ei produce del carbonato di calce ovvero pietra da calce.

Devo provarvi prima di tutto che realmente ei può sciogliersi, in piccola quantità, nell' acqua, e che differisce per conseguenza sotto a questo rapporto tanto dall' ossigeno quanto dall' idrogeno. Ecco un apparecchio mercè il quale effettueremo codesta soluzione. Al fondo di

quest'apparecchio c'è del marmo e dell'acido, e nella parte superiore c'è acqua fredda. I vasi sono disposti in tal guisa che il gaz può passare da un compartimento nell'altro. Ora farò funzionare l'apparecchio e vedrete il gaz salire traverso l'acqua sotto forma di bolle, come esso fece già durante tutta la notte. Io credo che scopriremo essersi già sciolta una porzione di codesta sostanza. Prendo un bicchiere, vi verso un po' d'acqua e trovo ch'essa mi dà alla bocca un sapore acido; ciò dipende dall'esser essa impregnata d'acido carbonico. Aggiungiamovi un po' di acqua di calce onde costringere l'acido a rivelarci visibilmente la sua presenza. Voi vedete che l'acqua dell'apparecchio rese torbida e biancastra l'acqua di calce; — il che ci dimostra che codesto bicchiere conteneva infatti dell'acido carbonico.

Questo gaz è molto pesante, più pesante dell'aria atmosferica. Ho scritto su questa tabella i pesi rispettivi dei varii gaz da noi esaminati, onde possiate cavarne dei confronti:

	Un litro.
Idrogeno . . . . . Grammi	0, 089
Ossigeno	1, 430
Azoto	1, 256
Aria atmosferica	1, 000
Acido carbonico.	1, 967

Un litro d'acido carbonico pesa quasi due grammi: vedete dunque dal più superficiale confronto, ch'esso è il più pesante dei gaz da noi considerati. Del resto possiamo convincercene mediante parecchie esperienze. Prendo un bicchiere che contiene soltanto aria, e cerco di versarvi un po' dell'acido carbonico onde è ripieno quest'altro vaso (fig. 47). Credete voi ch'io ci sia riescito? Non si capisce nulla dall'apparenza; ma posso avere una risposta

introducendo un lume nel bicchiere. Sì, c'è dentro l'acido ; lo riconosciamo dall'effetto prodotto, e se assoggettassi il contenuto ad una seconda prova, l'acqua di calce mi rivelerebbe del pari la presenza dell' acido carbonico. Prenderò ora questo piccolo recipiente e lo immergerò nel mio pozzo d' acido carbonico — per mala sorte, intorno a noi vi sono fin troppi pozzi d'acido carbonico. Ora se il mio serbatoio contiene dell'acido carbonico, io l'ho qui, qui dentro nel mio recipiente, che esamineremo con un moccolino. Vedete? il moccolino si spegne, dunque il vaso è pieno d' acido carbonico.

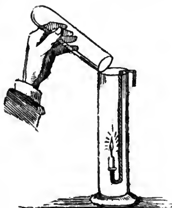


Fig. 47.

Un' altra esperienza ci darà il peso di questo gaz. Mi sono provveduto d'un fiasco sospeso al braccio di una bilancia (fig. 48), nella quale presentemente esso trovasi equilibrato; ma non appena vi verso l' acido carbonico, il peso che aggiungo per tal modo all' aria basta per far salire l' altro piatto. Esaminando questo fiasco col mio moccolino, mi assicuro che dentro c'è acido carbonico; poichè il contenuto non è più atto a mantenere la combustione. Se soffio una bolla di sapone che, naturalmente, si riempie d' aria e la lascio cadere in questo fiasco d'acido carbonico, essa vi galleggierà. Mi servirò in primo luogo d' uno di questi palloncini di collodio. Non sono ben certo del luogo in cui si trova l' acido carbonico, cerchiamo scoprirne il livello, cerchiamo a qual profondità esso si trovi. Ecco; il nostro palloncino galleggia sul gaz e si alza a misura che aumento la dose d' acido

carbonico. Ora il fiasco è pieno quasi tutto, e vedrò se posso soffiare una bolla di sapone capace di galleggiare lì entro alla stessa guisa. *(Il professore soffia una bolla e la lascia cadere nell' acido carbonico).* La bolla di sa-

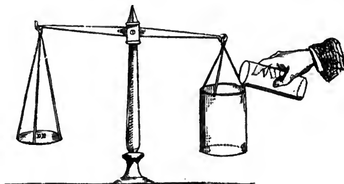


Fig. 48.

pone galleggia quasi nel mezzo del fiasco poichè essa contiene dell' aria, e l' aria è meno pesante dell' acido carbonico

Ora voi conoscete l'istoria di quest'acido per quanto si riferisce alla sua produzione nella candela, alle sue proprietà fisiche ed al suo peso. Nella prossima nostra adunanza io fo' conto di mostrarvi di che cosa ei si compone e da quali fonti trae i suoi elementi.

LETTURA SESTA.

Il carbonio. — Gaz proveniente dal carbon fossile. — Analogia esistente fra la respirazione e la combustione d'una candela. — Conclusione.

Una signora che onora della sua presenza queste conversazioni, ha aumentato la riconoscenza che per tal motivo nutro per lei, donandomi queste due candele giapponesi fabbricate con una sostanza di cui vi ho già parlato. Osserverete che sono ancor più ornate delle più belle candele francesi. A giudicarne dalle apparenze, queste son candele di lusso. Esse si distinguono d' altronde per una particolarità, che merita essere segnalata : hanno un lucignolo cavo, quell'utile modificazione che Argand introdusse nella lampada. A coloro che ricevono dall'Oriente doni di questo genere non dispiacerà di sapere che, quando la superficie d'una materia come questa si offusca a poco a poco, si può restituirle il lucido primitivo fregandola con un pannolino o con un fazzoletto di seta, in guisa da far scomparire le rugosità. Questo processo ravviverà i colori. Ho fregato così una di queste candele; voi vedete qual differenza passa fra questa e l' altra candela che non ho fregata, ma che facilmente potrei rendere brillante. Osserverete inoltre che queste candele fabbricate al Giappone hanno una forma conica più pronunciata che nelle nostre candele europee.

L'ultima volta che ci siamo veduti, vi ho lungamente discorso dell'acido carbonico. Abbiamo scoperto che se il vapore proveniente da una candela o da una lampada è raccolto in un fiasco, poi sottomesso alla prova di quest'acqua di calce di cui vi ho spiegata la composizione e che voi pure potreste preparare, abbiamo scoperto, dico, che nel recipiente si forma un'opacità biancastra, che ha per sola causa la presenza d'una materia calcare, di quella stessa materia che si incontra nelle conchiglie, nel corallo ed in un gran numero di minerali. Ma non vi ho forniti particolari chiari ed espliciti intorno alla storia chimica di questa sostanza, chiamata acido carbonico, che ci vien fornita dalla combustione. Devo quindi ritornare su quest' argomento.

Dopo aver riconosciuti i prodotti che si svolgono dalla candela abbiamo studiata la loro natura. Siamo risaliti fino alle sorgenti elementari dell'acqua: ora ci resta a vedere ove trovinsi gli elementi dell'acido carbonico fornitoci dalla candela; poche esperienze basteranno a ragguagliarci intorno a questo argomento. Vi rammentate che una candela produce fumo quando arde male, ma che se la candela non fa fumo arde bene. E voi non ignorate neppure che lo stato della fiamma è dovuto a questo fumo divenuto incandescente. Ecco un'esperienza che non vi lascierà più dubbio a questo riguardo. Il fumo fino a che rimane nella fiamma della candela e vi si consuma, emette una bella luce e non si mostra mai sotto forma di molecole nere. Ora darò fuoco ad un combustibile che arde in maniera stravagante, ma che appunto perciò mi servirà tanto meglio allo scopo che io mi propongo dimostrare. Accendo un po' di trementina [1]

[1] La trementina è una specie di resina, che si ottiene, mediante incisione, da un pistacchio selvaggio detto terebinto.

sopra una spugna. Voi vedete il fumo alzarsi e librarsi nell'aria in gran quantità, e vi rammentate che l'acido carbonico fornito dalla candela trae la sua origine da un fumo consimile. Per convincercene, introduco questa trementina che arde sulla spugna in un fiasco contenente dell'ossigeno, e vedete che tutto il fumo si consuma. Quest'è la prima parte del nostro esperimento; e poi che cosa succede? Il carbonio che vedete sfuggire dalla fiamma di trementina è completamente bruciato in quest'ossigeno; in guisa che, mercè quest'esperienza grossolana e di poca durata, giungiamo allo stesso risultato che abbiamo ottenuto dalla combustione della candela. Senza dubbio la mia esperienza difetta di delicatezza; ma vi ho ricorso perchè desideravo procedere in modo tanto semplice da permettervi di seguire il filo del mio ragionamento, purchè vi prestiate un po' d'attenzione. Tutto il carbonio che brucia, sia nell'ossigeno, sia nell'aria, produce *acido carbonico*, mentre le molecole che non bruciano ci danno la seconda sostanza onde è composto l'acido carbonico, vale a dire il *carbonio*, quel corpo che rende sì brillante la fiamma quando l'aria abbonda, e che viene parzialmente rigettato dalla fiamma quando non vi ha ossigeno bastante per consumarlo tutto.

Mi corre pur obbligo di spiegarvi un po' più chiaramente l'istoria del carbonio e dell'ossigeno, quando si riuniscono per formare dell'acido carbonico. Ora voi siete in grado di comprenderla, ed io ho preparate tre o quattro esperienze che confermeranno il mio dire. Questo fiasco è ripieno d'ossigeno, e qui ho del carbonio che è stato messo in un crogiuolo onde riscaldarlo al calor rosso. Tengo ben secco il mio fiasco, e mi arrischio a sottoporvi un risultato, sotto a certi rapporti imperfetto, onde rendere più brillante l'esperienza. Sto per mescolare insieme l'ossigeno ed il carbonio. Che questo sia carbonio

(carbone di legno polverizzato), lo riconoscerete dal modo con cui brucerà nell' aria. *(Il professore lascia cadere fuor dal crogiuolo un po' di carbone rovente).* Mi preparo a farlo bruciare in questo gaz ossigeno; e state attenti alla differenza. Da lungi ei vi sembra ardere con fiamma; ma così non è. Ogni molecola di carbonio produce una scintilla, e mentre brucia a questo modo produce dell' acido carbonico. Desidero provarvi mercè queste due o tre sperienze che il carbonio brucia, come ho detto adesso, senza produr fiamma; fatto codesto sul quale ritornerò fra breve.

In luogo di prendere molte molecole di carbonio, ne farò bruciare un pezzo alquanto grande, del quale potrete vedere la forma e le dimensioni, il che vi permetterà di seguir meglio gli effetti della combustione. Ecco un fiasco d' ossigeno, ed ecco un pezzo di carbone cui ho attaccato un piccolo pezzo di legno, che accenderò per attivare la combustione; poichè senza il legno mi riescirebbe difficile provocare l' incendio. Voi ora vedete il carbone che arde, ma esso non arde come una fiamma. Se vi ha fiamma, essa è piccolissima, e proviene dalla formazione d' un po' d' ossido di carbonio a gran vicinanza dalla superficie del carbonio. Il combustibile continua ad ardere, come ve ne avvedete, producendo lentamente dell' acido carbonico, mercè l' unione del carbonio o del carbone (questi due termini sono equivalenti) con l' ossigeno. Qui ho un altro pezzo di carbone di legno, un pezzo di corteccia che possiede la proprietà di scoppiettare, di ridursi in minuzzoli ardendo. Mercè il calore, noi ridurremo la massa del carbonio in molecole che scompariranno; tuttavia ogni singola molecola brucerà tanto bene quanto il primo pezzo, nello stesso modo singolare; vale a dire, senza produr fiamma. Osserverete che si produce un gran

numero di piccole combustioni, ma che non c'è fiamma. Non conosco esperienza più bella di questa per dimostrare che il carbonio brucia allo stato di scintille.

Ecco dunque dell'acido carbonico formato dalla riunione dei suoi elementi. L'acido si produce immediatamente, ed esaminandolo coll'acqua di calce, scopriremo che questa è la sostanza che vi ho già descritta. Mescolando un peso di 6 parti di carbonio (sia del carbonio proveniente dalla fiamma della candela o sia del carbonio in polvere, poco importa), con un peso di 16 parti d'ossigeno, avremo 22 parti d'acido carbonico; e, come abbiamo veduto ultimamente, queste 22 parti d'acido carbonico, combinate con 28 parti di calce, formano del carbonato di calce ordinario. Prendete una conchiglia d'ostrica, decomponetela, pesate poscia i varii prodotti della vostra analisi, e troverete che in 50 parti vi sono 6 parti di carbonio e 16 parti di ossigeno combinate con 28 parti di calce. Ma non voglio annoiarvi con queste minuzie; noi dobbiamo trattare il nostro argomento soltanto da un punto di vista generale.

Osservate l'ammirabile regolarità con cui il carbonio si scioglie! *(Il professore indica un grosso pezzo di carbone che arde tranquillamente nel fiasco d'ossigeno).* Può dirsi infatto che il carbone si scioglie nell'aria che lo circonda; e se codesto carbone fosse perfettamente puro, non rimarrebbe alcuna specie di residuo. Quando si impiega un pezzo di carbone perfettamente purificato, ed è assai facile l'ottenerlo tale, la combustione non lascia cenere alcuna. Il carbonio arde alla guisa dei corpi densi, nei quali la solidità non può distruggersi soltanto col calore, e si trasforma in un vapore che mai si condensa nelle condizioni ordinarie nè in modo liquido nè in solido. Ciò ch'è ancor più strano, è il fatto che l'ossigeno non cambia volume dopo aver ricevuto la soluzione di

carbonio. Esso conserva precisamente lo stesso volume di prima, nè più nè meno; ma si è trasformato in gaz acido carbonico.

Vi è poi un' altra sperienza che devo mostrarvi onde farvi ben conoscere la natura dell'acido carbonico. Poichè abbiamo a fare con un corpo composto formato di carbonio ed ossigeno, dobbiamo possedere i mezzi con cui separare queste due sostanze. In fatto noi possiamo fare con l'acido carbonico ciò che abbiam già fatto coll'acqua: possiamo decomporlo. Il processo più rapido e più semplice sarà di agire sopra l'acido carbonico con una sostanza atta a liberare l'ossigeno; poichè non appena questo gaz sarà scomparso, rimarrà il carbonio soltanto. Vi rammentate senza dubbio che quando ho posto del potassio sopra un pezzo di ghiaccio, il potassio separò l'ossigeno dall'idrogeno. Ebbene, cerchiamo di trattare quest'acido carbonico in guisa da ottenere un risultato dello stesso genere. Voi sapete ormai che l' acido carbonico è un gaz pesante: non lo assoggetterò alla prova dell' acqua di calce che potrebbe contrariare le nostre ulteriori sperienze: — noi però conosciamo il peso di questo gaz e la proprietà ch'ei possiede di spegnere la fiamma: credo che queste qualità basteranno a guidarci nelle nostre operazioni. Introduco una fiamma nel gaz, e voi vedrete se essa cesserà o meno di ardere. Il lume si spegne, come ve l'aspettavate. Fors'anche il gaz sarà capace di spegnere il fosforo che, lo sapete, arde molto vivacemente. Ecco un pezzo di fosforo portato ad alto grado di calore. Lo introduco in questo gaz, e vedrete che la combustione non continua più; però, ei si riaccende nell' aria, poichè nell' aria esso rientra in combustione. Ora prendiamo un pezzo di potassio, sostanza che agisce sull' acido carbonico anche alla temperatura ordinaria, benchè in queste condizioni

essa non sia atta a produrre tutto l'effetto che desideriamo ottenere, in causa della coperta protettrice di cui essa non tarda a coprirsi. Ma se la riscaldiamo al punto da farla bruciare nell'aria, — e nulla ce lo impedisce, poichè abbiamo pur dianzi riscaldato il fosforo, — voi vedrete ch'essa arderà nell'acido carbonico. Se essa arde, arderà impossessandosi dell'ossigeno, per modò che scopriremo quel che rimarrà poi. Brucerò dunque il potassio nell'acido carbonico onde dimostrarvi la presenza dell'ossigeno in quest'acido. *(Il professore incomincia dal riscaldare un pezzo di potassio che produce esplosione).* Alle volte c'incontriamo in un pezzo di potassio che ardendo ci fa questi brutti scherzi. Ne sceglierò un altro pezzo, ed ora che è riscaldato lo introduco nel fiasco. Voi vedete che arde nell'acido carbonico non tanto bene come nell'aria, poichè l'acido carbonico contiene l'ossigeno combinato, ma pure arde e s'impossessa dell'ossigeno. Se ora metto codesto potassio nell'acqua, osservo che oltre alla potassa (della quale non dovete preoccuparvi) si deposita buona quantità di carbonio. Ho fatta adesso quest'esperienza in modo assai grossolano; ma vi assicuro che se vi mettessi molto maggior studio, se in luogo di cinque minuti, vi consacrassi tutta una giornata, avremmo nel cucchiaio o nel luogo in cui arse il potassio, la proporzione voluta di carbonio, per modo che non vi sarebbe alcun dubbio intorno al risultato. Ecco adunque il carbonio ricavato dall'acido carbonico, e che si rivela sotto la forma di questa sostanza nera che tutti conosciamo. Abbiam dunque una prova palpabile della natura dell'acido carbonico; vediamo ch'ei si compone di carbonio e d'ossigeno. Ed ora devo aggiungere che, ovunque il carbonio arde in ordinarie condizioni, si produce l'acido carbonico.

Prendo questo pezzo di legno e lo metto in una bottiglia d'acqua di calce. Posso agitare col legno quanto voglio quest'acqua di calce, posso scuoterla, essa non cessa d'esser limpida. Accadrà lo stesso se abbrucio il pezzo di legno nell'atmosfera di questa bottiglia? — Voi sapete, già si intende, che otterrò dell'acqua. Otterrò anche dell'acido carbonico? Si, eccolo; vale a dire ecco il carbonato di calce che risulta dall'acido carbonico, e quest'acido carbonico dev'essere stato formato da questo carbonio che deriva dal legno, dalla candela o da un altro combustibile. Voi stessi avete tentata certamente, e più d'una volta, una graziosa esperienza che rivela la presenza del carbonio nel legno. Se accendete un pezzo di legno e lo spegnete poco dopo, vi rimane del carbonio. Sonvi sostanze nelle quali il carbonio non si mostra a questa guisa. La candela contiene carbonio, ma non lo si vede. Ecco un fiasco pieno di gaz di carbon fossile, il quale produce abbondantemente l'acido carbonico: voi non scorgete il carbonio sebbene mi sia assai facile il rendervelo visibile. Vi appicco il fuoco, e la combustione non cesserà fino a che il cilindro conterrà del gaz. Voi non vedete il carbonio, ma vedete una fiamma, e lo splendore di questa fiamma vi farà indovinare la presenza del carbonio. Posso provarvelo per altra via. In un secondo fiasco, ho buona dose di questo stesso gaz mescolato con un corpo che abbrucerà l'idrogeno del gaz senza abbruciare il carbonio. Vi introduco un lume, e tosto vi accorgete che l'idrogeno non si consuma mentre il carbonio resta lì sotto forma d'un denso fumo nero. Spero che questi pochi esperimenti vi avranno insegnato a riconoscere la presenza del carbonio ed a comprendere quali sono i prodotti della combustione quando un gaz od altri corpi si consumano nell'aria.

Prima di passar oltre, farò ancora alcune osservazioni

ed alcune esperienze relative all'azione mirabile esercitata dal carbonio nella combustione ordinaria. Vi ho già mostrato che il carbonio, il quale arde soltanto quando è solido, cessa però d'esser solido quando ha terminato di ardere. Pochissimi sono i combustibili che si comportano a questo modo. La vasta sorgente di combustibili, rappresentata dai corpi carbonosi, dal carbon fossile, dal carbon di legno ò dal legno, offre sola codesta particolarità. Astrazione fatta dal carbonio, io non conosco alcuna sostanza elementare che arda nelle condizioni testè indicate. Se fosse diversamente, che ne deriverebbe? Supponiamo che tutti i combustibili rassomiglino al ferro, il quale mentre brucia non cessa di formare una sostanza solida: in tal caso non avremmo mai potuto ottenere una combustione simile a quella che vedete brillare in questo caminetto. Ecco un'altra specie di combustibile che brucia assai bene — assai bene, per non dire meglio ancora del carbonio — tanto bene che si infiamma da sè quando è messo a contatto dell'aria, come voi vedete. *(Il professore rompe un tubo pieno di piroforo di piombo).* Questa sostanza è del piombo e voi vedete la maravigliosa forza di combustione ch'essa possiede. Essa è molto divisa, ed in ciò rassomiglia al carbon fossile accatastato sotto un camino: l'aria può giungere alla superficie e penetrare nell'interno, — e perciò la sostanza abbrucia. E perchè mai non brucerebbe più, ora che è riunita in un cumulo? *(Il professore vuota il contenuto del tubo sopra un piatto di ferro, ove ne forma un cumulo).* Per la sola ragione che l'aria non vi può giungere più con la stessa facilità. Sebbene sia capace di produrre un gran calore — quel grado di calore di cui talvolta abbiam bisogno nei nostri forni e nelle nostre caldaie, — pure il combustibile che diede questo risultato non potrebbe svolgersi dalla parte infe-

riore che non brucia poichè non riesce a trovarsi a contatto con l' atmosfera. Qual differenza fra questo corpo ed il carbonio! Il carbonio brucia assolutamente alla stessa guisa di questo piombo ed emette un intenso calore nel focolare in cui si consuma; però il prodotto della sua combustione sen va nell'aria ed il residuo del carbonio rimane puro. Vi ho mostrato in qual modo il carbonio si scioglie nell' ossigeno senza lasciar cenere; mentre qui *(il professore addita il cumulo di piroforo)* abbiamo realmente più cenere che combustibile, poichè il residuo è diventato più pesante a causa dell' ossigeno con esso combinatosi. Vedete dunque la differenza esistente fra il carbonio ed il piombo o fra il carbonio ed il ferro, se vi piace confrontarlo con quest' ultimo metallo che ci fornisce effetti tanto meravigliosi vuoi di luce, vuoi di calore. Se, quando brucia il carbonio, il prodotto se ne andasse sotto forma di corpo solido, avreste veduta questa sala riempiersi d'una sostanza opaca come avviene col fosforo. Mentre invece quando brucia il carbonio, tutto sale e passa nell' atmosfera; prima della combustione, esso è un corpo solido che sembra quasi non potersi trasformare, ma dopo la combustione è tramutato in un gaz che è assai difficile (sebbene ci siamo riesciti) di produrre allo stato liquido e solido.

Passo ora ad una parte importantissima del nostro argomento, — ai rapporti che esistono fra la combustione d'una candela e quella specie di combustione vivente che si effettua nel nostro interno. Nei corpi di tutti noi si opera una combustione che rassomiglia molto a quella della candela, una combustione che cercherò ora di spiegarvi. Il paragone stabilito da alcuni autori fra la vita umana ed una fiaccola è una semplice metafora poetica; pure, se volete essermi cortesi d' un po' d' attenzione, io credo poterla giusti-

ficare. Ho ideato un piccolo apparecchio, che senza fatica potrò costruire sotto i vostri occhi. Ecco una tavola (fig. 49) in cui è stato scavato un piccolo solco, che io posso chiudere superiormente mediante un coperchio, il che mi permette di stabilire un canale di comunicazione fra i due cilindri di vetro che colloco verso i due estremi della mia tavola. La via rimane adunque libera fra i due cilindri. Colloco una candela in uno dei tubi e vedete che essa arde, che arde benissimo. Voi vi accorgete che l'aria che alimenta la fiamma, discende per il cilindro vuoto, passa lungo

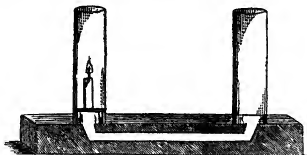


Fig. 49.

la galleria scavata nel legno e risale nell' altro tubo in cui trovasi la candela. Turo adesso l' apertura per cui penetra l' aria, e tosto comprendete che ciò basta per arrestare la combustione. In tal modo io intercetto la provvigione dell' aria, e per conseguenza la candela si spegne. Qual conclusione caveremo da questo fatto? In un' esperienza precedente vi ho mostrata l' aria andare da una candela ad un'altra. Se prendessi l'aria proveniente da una candela accesa, e se, mercè una disposizione alquanto complicata, la obbligassi a scendere nel secondo cilindro, spegnerei la candela che ora vedete ardere. E cosa pensereste se vi dicessi che il mio fiato basta a spe-

gnere questa candela? Badate che non si tratta già di soffiare nella fiamma; voglio mostrarvi semplicemente che il mio flato è di tal natura da spegnere la candela. Terrò la mia bocca sull'apertura del tubo vuoto e senza soffiarvi neppur per ombra, vi lascerò entrare soltanto l'aria proveniente dal mio petto. Il risultato, voi lo vedete. Non ho soffiata questa candela, mi son limitato a mandare dall'altra parte l'aria da me esalata, il che ebbe per effetto di spegnere



Fig. 50.

il lume. L'ossigeno mancava, ecco tutto. I miei polmoni hanno preso l'ossigeno all'aria per modo che più non ne rimase per alimentare la combustione. Osservate il tempo che è occorso all'aria viziata per giungere nell'altro tubo. Dapprima la candela continuò ad ardere; ma appena il mio flato giunse fino a lei, il lume si è spento.

Vi mostrerò ora un'altra esperienza dello stesso genere, poichè si tratta d'un punto importante del nostro studio. Ecco un fiasco (fig. 50) contenente dell'aria pura, come ce ne assicureremo facendovi ardere una candela od un getto di gaz. Lo turo, e mediante un tubo potrei mettermi in

condizione da aspirarne l'aria. Mantenendo quest' aria sull' acqua nel modo che vedete, mi trovo in grado, purchè il fiasco sia turato bene, d' aspirare l' aria, introdurla nei miei polmoni e poi rigettarla nel vaso. Potremo esaminarla in seguito e vedere il risultato ottenuto. Voi avete osservato che dapprima ho aspirata l'aria, e poi l'ho rimandata, come lo provò il moto ascendente e discendente dell' acqua. Ora collochiamo un lume entro a quest'aria per scoprire in quale stato essa si trovi. Il lume si spegne! Una sola inspirazione, vedete, snaturò quest' aria completamente; è dunque inutile ch' io la respiri una seconda volta. Da questo risultato voi comprendete perchè importi cambiare la disposizione di molti appartamenti abitati dalle classi più povere, nei quali si respira più volte la stessa aria, per mancanza di sufficente provvista, vale a dire per mancanza d' una conveniente ventilazione che rinnovi l' atmosfera. Voi vedete a qual segno una sola inspirazione vizia l' aria, e da ciò comprendete quanto l' aria pura sia essenziale all' uomo.

Spingiamo più avanti le nostre ricerche ed assoggettiamo l'acqua di calce ad una prova consimile. Ecco un globo (fig. 51) contenente un po'd'acqua di calce; i tubi che vedete sono disposti in guisa da permetterci di giungere nell' interno, onde studiare quale effetto l' aria pura e l'aria che avremo respirata produrranno su quest'acqua. È chiaro che mercè questo tubo (A) posso aspirar l' aria ed obbligare così l'aria che entra nei miei polmoni a passare per l'acqua di calce; ovvero, grazie a questo secondo tubo (B), che giunge sino in fondo alla bottiglia, posso costringer l' aria che esce

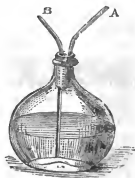


Fig. 51.

da' miei polmoni a mostrarci come agirà sopra l' acqua di calce. Osserverete che fin a tanto ch' io mi limito ad attirar l' aria nell' acqua di calce e dall' acqua nei miei polmoni, non produrrò alcun effetto sul liquido. — Vedete ch'esso non s' intorbida; ma se, a più riprese, lancio l' aria dei miei polmoni traverso l' acqua di calce, essa assumerà una tinta biancastra e lattiginosa che dimostrerà



Fig 52.

quanto sovr'essa agisca l'aria modificata dalla respirazione. Voi dovete incominciare a riconoscere che quest' atmosfera viziata dalla respirazione è stata guastata dall' acido carbonico, poichè lo ritrovate qui in contatto con l' acqua di calce.

Ho qui due bottiglie (fig. 52), una delle quali contiene acqua di calce, e l' altra acqua ordinaria. Entrambe son munite di tubi che passano nelle bottiglie e le riuniscono. Il mio apparecchio è molto rozzo, tuttavia è molto utile.

Se metto a profitto queste due bottiglie, respirando di qua, esalando di là, la disposizione dei tubi impe-

dirà all' aria di indietreggiare. L' aria che inspirerò verrà nella mia bocca e nei miei polmoni, poscia nell' escire dal mio petto passerà attraverso all' acqua di calce — per modo che potrei continuare a respirare e proseguire in quest' esperienza di natura delicatissima che ci fornisce convincenti risultati. Avete osservato che l'aria pura non ha effetto sull'acqua di calce; nel caso presente, la mia respirazione soltanto viene a contatto di quest' acqua, ed il liquido si intorbida. Qui sta la differenza.

Andiamo un po' più innanzi nel nostro argomento. Quale è tutto questo processo che agisce in noi, e senza del quale non potremmo esistere, processo che non si arresta nè di giorno nè di notte, e che l' autore d' ogni cosa rese indipendente dalla nostra volontà? Se trattenessimo il respiro, — il che non possiamo fare che sino ad un certo punto, — noi ci distruggeremmo. Quando si dorme, gli organi della respirazione, e le parti del nostro corpo che trovansi in rapporto con questi organi, non interrompono mai il loro lavoro: tanto è necessario il processo della respirazione, il contatto dell' aria coi nostri polmoni. Bisogna pure ch'io vi dica brevemente che cos'è codesto lavoro della respirazione. Il nutrimento che noi consumiamo attraversa nel nostro interno uno strano complesso d'organi e di canali; esso passa in varie parti del nostro individuo e specialmente negli organi della digestione. Una porzione degli alimenti trasformati circola nei nostri polmoni mercè un sistema di vasi, mentre l'aria che aspiriamo o che esaliamo è attirata o respinta da un secondo sistema di vasi, per modo che l' aria ed il nutrimento si trovano assai prossimi l'uno all' altro, essendo separati soltanto da una parete sottilissima: l' aria può dunque agire sul sangue mercè questo ravvicinamento, e produce sovr'esso risultati precisamente dello stesso ge-

nere di quelli che abbiamo osservati nella candela. La candela si combina con certe parti dell'aria, formando dell'acido carbonico e sviluppando calore; un simile lavoro non meno singolare succede nei nostri polmoni. L'aria che vi penetra si combina col carbonio (non già col carbonio allo stato libero, ma col carbonio che si trova lì nell'istante dato, pronto ad agire nel momento necessario) e forma dell'acido carbonico che viene espulso nell'atmosfera. Singolare risultato! Noi possiamo considerare il nutrimento quale il combustibile. Permettetemi di prendere codesto pezzo di zucchero che mi servirà d'esempio. Lo zucchero è un composto di carbonio, di idrogeno e d'ossigeno; contiene dunque gli stessi elementi della candela, sebbene le proporzioni sieno diverse nei due corpi come scorgete da questo quadro:

ZUCCHERO.

Carbonio	72	
Idrogeno	11	99
Ossigeno	88	

Invero questo è un fatto singolarissimo, che vi rammenterete facilmente, poichè ritrovate qui l'ossigeno e l'idrogeno nelle stesse proporzioni che nell'acqua, per modo che si può dire che lo zucchero si compone di 72 parti di carbonio e di 99 parti d'acqua; ed è il carbonio dello zucchero che si combina coll'ossigeno fornito dall'aria nel lavoro della respirazione, facendoci rassomigliare a tante candele, producendo il calore ed altri risultati di gran lunga più meravigliosi, provvedendo alla riparazione del nostro individuo, mercè un processo altrettanto semplice quanto mirabile. Per vieppiù convincervene, prenderò un po' di zucchero; o meglio, per rendere più pronta l'espe-

rienza, impiegherò del sciroppo che contiene tre quarti di zucchero ed una piccola quantità d'acqua. Se verso dell'olio di vitriolo sullo sciroppo, esso sottrarrà l'acqua e lascierà una massa nera che ravviserete essere carbonio. *(Il professore fa l'esperienza).* Voi vedete prodursi il carbonio: e fra pochi istanti avremo una massa solida di carbone, proveniente tutta dallo zucchero. Lo zucchero, come sapete, è un alimento, e qui lo troviamo sotto forma d'un pezzo di carbone! Questa cosa non ve l'aspettavate certo. E se prendo le disposizioni opportune per ossidare il carbonio dello zucchero, otterremo un risultato ben più notevole. Ecco lo zucchero, ed ecco qui un ossido che agirà più prontamente che l'atmosfera. Ossideremo questo combustibile mercè un processo che differisce per la forma, ma non per la sostanza, dal processo della respirazione. È la combustione del carbonio provocata dal contatto dell'ossigeno fornito da questo corpo. Non appena lo metterò in azione voi vedrete la combustione manifestarsi. Ciò che avviene nei miei polmoni, — che tolgono l'ossigeno da un'altra sorgente, vale a dire dall'atmosfera, — si riproduce esattamente sotto i vostri occhi con un processo più rapido.

Stupirete certo quando vi avrò detto a qual cifra giunga la produzione di codesta sostanza singolare che chiamasi carbonio. Una candela arderà quattro, cinque, sei od anche sette ore. Immaginate dunque la quantità di carbonio che giornalmente si alza nell'aria sotto forma di acido carbonico! Qual quantità di carbonio esala dalla respirazione di ciascuno di noi! Quali cangiamenti meravigliosi succedono in conseguenza della combustione o della respirazione! In ventiquattr'ore un uomo converte non meno di sette once di carbonio in acido carbonico! Pel solo atto della respirazione, un cavallo, una vacca da latte ne forniranno settantanove once. Il che vuol dire che in venti-

quattro ore il cavallo e la vacca bruciano settantanove once di carbone o di carbonio nei loro organi respiratorii, allo scopo di mantenere il calore attuale durante questo periodo di tempo. Tutti gli animali a sangue caldo mantengono così il loro calore convertendo il carbonio, che in essi non si trova allo stato libero, ma in uno stato di combinazione. Quale straordinaria idea dobbiam formarci delle trasformazioni che succedono nella nostra atmosfera! La respirazione degli abitanti di Londra, forma essa sola 5,000,000 di libbre ovvero 548 tonnellate d'acido carbonico in ventiquattro ore. E dove va a finire tutto quest' acido? Si disperde nell' aria. Se il carbonio rassomigliasse al piombo che vi ho mostrato od al ferro, che, bruciando, produce una sostanza solida, cosa ne avverrebbe? La combustione sarebbe impedita. Quando il carbonio brucia, ei si cangia in gaz e passa nell' atmosfera, che è il grande veicolo, il potente faccendiere, incaricato di trasportarlo altrove. Ma dunque dove va a finire? C'è da stupirne scoprendo che il cangiamento prodotto dalla respirazione, che sembra tanto nocivo all' uomo (poichè non possiamo respirare due volte la stessa aria), è precisamente ciò che fa vivere e sostenta le piante ed i legumi che vediam nascere alla superficie della terra. Una trasformazione consimile succede anche sotto alla superficie, nei grandi corpi d'acqua: poichè i pesci ed altri animali respirano secondo gli stessi principii di noi, sebbene non si trovino a contatto dell' aria libera.

I pesci che vedete *(il professore addita un boccale in cui nuotano dei pesci rossi)* respirano mediante l'ossigeno sottratto all' aria e disciolto nell' acqua: anch' essi formano dell' acido carbonico e concorrono alla grand'opera in cui il regno animale ed il regno vegetale si prestano reciproca assistenza. Ogni pianta che si mostra alla superficie

della terra, come quella che ho portata qui per servire d'esempio, assorbe carbonio; queste foglie stanno assorbendo dall'atmosfera il carbonio che noi vi abbiamo diffuso sotto forma di acido carbonico; esse hanno bisogno di quest'alimento per vivere e prosperare. Date ad esse un'aria pura, come quella che respiriamo noi, e non tarderanno a deperire; mentre invece se ad esse procacciate del carbonio e certe altre sostanze, vivranno e prospereranno. Questo pezzo di legno trae egli pure tutto il suo carbonio dall'atmosfera, imitando in ciò gli alberi e le piante. L'aria piglia dunque, come abbiamo veduto, ciò che è dannoso a noi e vantaggioso alle piante. Ciò che ci recherebbe malattia, rende ad altri la salute. Noi non dipendiamo adunque solamente dai nostri simili, ma benanco da quanto esiste intorno a noi, volendo la natura che certe sue parti rechino vantaggio a certe altre.

Havvi un altro punto sul quale vorrei richiamare la vostra attenzione prima di terminare le nostre conversazioni; un punto che si riferisce al complesso delle operazioni di cui ci siamo occupati, che si collega in modo singolare alla storia dei corpi che maggiormente ci interessano, l'ossigeno, il carbonio, l'idrogeno, nelle varie fasi della loro esistenza. Vi ho mostrato, or non è molto, del piombo in polvere che ho fatto abbruciare; ed avete osservato che questo combustibile è diventato incandescente appena l'ho messo a contatto coll'aria anzi prima ancora di cadere fuori dal tubo di vetro in cui esso trovavasi racchiuso; appena l'aria è penetrata in vicinanza al piombo, quest'ultimo prese fuoco. Ora, codesto è un caso d'affinità chimica che ebbe il suo riscontro in tutte le nostre sperienze. La stessa operazione succede nel nostro interno quando si respira. Nella combustione del piroforo di piombo voi avete veduto un bell'esempio d'affinità chimica. Se i pro-

dotti della combustione si fossero sviluppati dalla superficie del piombo, quest' ultimo sarebbe bruciato tutto: ma voi rammentate che fra il carbonio ed il piombo abbiam notata questa differenza: che mentre il piombo può infiammarsi immediatamente, non appena l' aria trovasi con esso a contatto, il carbone può aspettare giornate intiere, settimane, mesi ed anni. Nelle rovine d' Ercolano si scopersero dei manoscritti i cui caratteri erano stati tracciati con inchiostro carbonoso, e dopo ben dieciotto secoli l'atmosfera non fece impallidire la scrittura, sebbene l'atmosfera stessa siasi trovata in parecchie circostanze a contatto coi manoscritti. Da che dunque dipende la differenza esistente sotto a questo rapporto fra il piombo ed il carbonio? Non è forse meraviglioso il vedere con quanta pazienza la materia destinata a compiere l' ufficio di combustibile aspetta prima di agire?

Il carbonio non si mette ad ardere immediatamente nell' aria come fa questo piombo e molte altre sostanze come avrei potuto mostrarvi, ma che nol feci per non ingombrare il mio tavolo. Il carbonio non le imita, ma aspetta, il che è davvero singolare assai. Le nostre candele, queste candele del Giappone, ad esempio, non si accendono tutte d' un tratto come il piombo od il ferro (poichè il ferro diviso in piccolissime particelle produce lo stesso risultato del piombo); esse pazienteranno anni molti, fors'anche molti secoli senza subire trasformazione alcuna. Ho qui una provvista di gaz di carbon fossile. Questo beccuccio lascia fuggire il gaz; tuttavia, come vedete, ei non si accende, ei si diffonde nell' aria; ma, per accendersi, aspetta d' essere diventato bastantemente caldo. Riscaldandolo sufficientemente, piglierà fuoco. Soffiandovi sopra, il gaz che esce liberamente, non ci illuminerà di bel nuovo se non quando gli avrò accostato un secondo

fiammifero. Non stupite al veder certe sostanze aspettare tanto tempo il momento d'agire? Alcune attendono che la temperatura siasi un po' alzata, altre invece sono ben lontane dall'accontentarsi d'un leggero aumento di calore. Ecco qui polvere da fuoco ordinaria e cotone fulminante [1]. Ebbene, queste due polveri non bruciano nelle identiche condizioni. La polvere da cannone è composta di carbonio e d'altre materie combustibili, ed il cotone fulminante è una preparazione non meno infiammabile. Entrambe attendono i nostri ordini, ma per farle agire sono necessarii differenti gradi di calore. Applicando ad esse questo filo di ferro riscaldato, vedremo quale delle due sarà prima ad esplodere. (*Il professore tocca il cotone fulminante con un filo di ferro riscaldato*). Il cotone fulminante ha dato buon esempio; ma osserverete che la parte più calda del mio filo di ferro non ha bastante colore per infiammare la polvere da cannone. Ecco un mirabile esempio del vario modo di comportarsi di certe sostanze. Talvolta la sostanza aspetterà che gli elementi ond'è composta sien divenuti attivi mercè il calore; tal altra volta, come nel lavoro della respirazione, non vi sarà alcun ritardo. Non appena l'aria penetra nei nostri polmoni, essa si combina col carbonio; sotto la più bassa temperatura che il corpo umano possa sopportare senza congelarsi, l'azione principia immediatamente, producendo l'acido carbonico che sfugge dal nostro petto. Vedete dunque qual evidente analogia esista fra la respirazione e la combustione. Anzi

[1] La polvere da fuoco si compone di 78 parti di salnitro, 12 parti di carbone e 10 parti di zolfo. Il cotone fulminante, inventato nel 1846 dal chimico tedesco Schonbein, è semplicemente del cotone greggio immerso nell'acido nitrico molto concentrato e poscia disseccato all'aria ap^rta.

non saprei meglio terminare le nostre conversazioni (poichè è ben tempo di terminarle) che esprimendo il desiderio che possiate nella vostra esistenza meritare d'essere comparati ad una candela; che possiate com'essa brillare qual fiamma per coloro che vi circondano, che possiate in tutte le vostre azioni emulare la bellezza del lucignolo, disimpegnando con onore ed efficacia i vostri doveri verso i vostri simili.

FINE.

143

INDICE

STORIA CHIMICA DI UNA CANDELA.

145

PREZZO DEL PRESENTE VOLUME: **UNA LIRA**

OPERE DI SCIENZA POPOLARE

D. BESSO.

***Le Grandi Invenzioni antiche e moderne.** Con 162 inc. *Quinta* ed. 3 —
Le macchine a vapore, a gas, e ad aria calda. Con 65 incisioni. 3 —
I battelli a vapore ed i fari. Con 65 incisioni. 1 50
Le strade ferrate. Con 127 incisioni, di cui alcune colorate. 3 —
L'elettricità e le sue applicazioni. Con 179 incisioni. 5 —

G. MILANI.

L'equilibrio e il moto. (*Elementi di meccanica*). Con 55 incisioni. 1 —
I liquidi, le azioni molecolari, gli strumenti di misura. Con 81 inc. 1 —
L'aria ed il suono. Con 106 inc. 1 50
Il Calore. Con 111 incisioni. 3 —
Il magnetismo e l'elettricità statica. Con 97 incisioni. 1 50
L'elettricità dinamica e l'elettro-magnetismo. Con 180 incisioni. 3 —
La luce. Con 177 incisioni. 3 —

P. LIOY.

Escursione nel Cielo, descrizione pittoresca dei fenomeni celesti. *Terza* edizione. Con 15 inc. ed una carta della luna. 2 —
Escursione sotterra, trattato popolare di paleontologia. Con 48 incisioni e 1 tavola colorata. 4 —
Spiritismo e Magnetismo. discorso popolare. *Quarta* edizione. — 25

G. MACÉ.

***Storia di un boccone di pane.** *Quarta* edizione. 2 —
***I servitori dello stomaco.** 2 —
L'aritmetica del nonno. 1 —

POUCHET

***L'Universo,** storia della natura popolarmente. Un volume di 380 pagine in-8 a 2 colonne, con 365 splendide incisioni. 5 —

L. FIGUIER.

I Mammiferi. Con 282 incisioni. 4 —
Gli Uccelli. Con 305 incisioni. 4 —
I Rettili e i Pesci. Con 161 inc. 4 —

MOLESCHOTT.

Dell' alimentazione. 2 —
I regolatori della vita umana, discorso popolare. — 25

I TRE REGNI DELLA NATURA.

Regno animale, di *F. De Filippi*, con note del dottor *M. Lessona*. Con 58 incisioni. 2 50
Regno vegetale, di *S. Travella*. Con 181 incisioni. 4 —
Regno minerale, di *E. Cornalia* e *F. Marinoni*. Con 89 incisioni. 3 50

Boccardo. *Saggi popolari sulle teorie e sulle applicazioni scientifiche.* Due volumi con 29 inc. 2 —
Issel. *Varietà di storia naturale*, con inc. e 1 carta colorata. 1 —
Lessona. *Conversazioni Scientifiche.* 3 volumi. 3 —
Paglia. *La camicia*, conversazioni su famiglia sulle materie ed arti filareccie e tessili. Con 38 inc. 1 50

About. *L'Abbicì di chi lavora.* 2 —
Brothier. *Elementi di meccanica*, con 32 inc. *Terza* ediz. 1 —
Faraday. *Storia chimica d'una candela. Seconda* ediz. con 52 inc. 1 —
Fownes. *Elementi di chimica. Seconda* ediz. 1 —
Littrow. *Geometria popolare*, traduzione dal tedesco con note di *Davide Besso*. Con 134 inc. 1 —
Maury. *Geografia fisica, ad uso della gioventù e degli uomini di mondo.* Con 2 tavole litogr. 1 50
Pape-Carpentier. *Il Segreto dei grani di sabbia o geometria della natura.* Con 222 inc. 1 50
Timbs. *Cose utili e poco note*, libro per i giovani e per i vecchi. *Quarta* ediz. 2 volumi. 2 —

---

* Le opere segnate con asterisco si possono avere anche in legatura elegante. Il prezzo della legatura per i volumi da L. 2 e L. 2 50, è di 75 cent.; per i volumi di L. 3 e di L. 4, è di una lira; e per i volumi di prezzo superior è di L. 2

Dirigere commissioni e vaglia all'editore E. Treves, in Milano



